Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара

Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем

Тези доповідей

на III Всеукраїнській
науково-практичній конференції
MEICS-2018

м. Дніпро
21-23 листопада 2018 р.

УДК 622: 004.73: 658.562.4: 65.011.56
П 26

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Поляков М. В., член-кор. НАН України, д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро) – голова орг. комітету
Коваленко О. В., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро) – заст. голови орг. комітету
Башев В. Ф., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)
Пелещак Р. М., д. ф.-м. н., проф. (м. Дрогобич)
Гіржон В. В., д. ф.-м. н., проф. (м. Запоріжжя)
Гнатушенко В. В., д. т. н., проф. (м. Дніпро)
Дробахін О. О., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)
Дмитрук І. М., д. ф.-м. н., проф. (м. Київ)
Карташов В. М., д. т. н., проф. (м. Харків)
Корчинський В. М., д. т. н., проф. (м. Дніпро)
Павлик Б. В., д. ф.-м. н., проф. (м. Львів)
Скалозуб В. В., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)
Трубіцин М. П., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)
Тулученко Г. Я., д. т. н., проф. (м. Херсон)
Лепіх Я. І., д. ф.-м. н., проф. (м. Одеса)
Хандецький В. С., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро)
Шульга С. М., д. ф.-м. н., проф. (м. Харків)
Гомілко І. В., к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)
Колбунов В. Р., к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)
Свинаренко Д. М., к. т. н., доц. (м. Дніпро)
Скуратовський І. А., к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)

Вчений секретар конференції
Вашерук Олександр Васильович, к. т. н., доц. (м. Дніпро)

П 26 Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2018). Тези доповідей на III Всеукраїнській науково-практичній конференції: 21-23 листопада 2018 р., м. Дніпро / Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В. – Дніпро, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2018. – 223 с.

ISBN

В збірник включені тези доповідей на III Всеукраїнській науково-практичній конференції, яка відбулася в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара, 21-23 листопада 2018 р.

ISBN
© ДНУ ім. Олеся Гончара, 2018.

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

А. Коваленко, С. Вовк, Е. Плахтий. **Метод сглаживания спектров фотолюминесценции** 7

М. Андреев, О. Дробахин, Д. Салтыков. **Особенности представления отклика от структур брэгговского типа в частотной и временной области** 9

Б. Гунько, В. Корчинський. **Завадостійкість процедур аутентифікації абонентів у системах цифрового мобільного зв'язку** 10

В. Башев. **Перспективность методов сверхбыстрого охлаждения и упрочнения поверхности для создания современных материалов** 12

В. Хандецький. **Оптимізація структури трафіка в бездротових комп'ютерних мережах** 14

С. Вовк. **Обробка даних на основі критерію мінімуму протяжності** 16

Є. Сєтов. **Інфрачервоні спектри та розупорядкованість кристалічних бензоксазолів з внутрішньомолекулярним фотоперенесенням протону** 18

А. Назаров, Т. Руденко, В. Лисенко. **Структуры кремний-на-изоляторе (КНИ) – основа современной наноэлектроники** 20

V. Zhernovyi, V. Hnatushenko. **Approaches of high-resolution multispectral data preparation for deep neural network processing** 21

Секція І. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

В. Гнатушенко, Є. Обиденний, Д. Гордіюк, А. Нікітенко. **Інформаційна технологія детектування об'єктів сільськогосподарського призначення за багатоканальними космічними зображеннями** 23

С. Баловсяк, Б. Козловська, О. Пшеничний, Г. Савчук-Баловсяк. **Згорткова штучна нейронна мережа для розпізнавання зображень облич** 24

О. Андріянов, А. Ломакін. **Розробка інформаційної системи обробки зображень для визначення їх автентичності** 26

О. Прокопчук, С. Вовк. **Підвищення ефективності визначення лінійних структур на зображеннях** 28

С. Антоненко, Т. Булана, Б. Молодець. **Автоматизована система прогнозування небезпеки виникнення пожеж** 30

В. Долгов, К. Канівець. **Про проблеми виконання командних проектів з розробки програмних продуктів в студентських групах** 32

В. Спірінцев, Д. Тесленко. **Автоматизація процесів проектування та моделювання в 3D-пакетах компанії Autodesk** 34

В. Малкіна, А. Мозговенко. **Програмний модуль планування та обробки експериментів за критерієм мінімізації D–efficient** 36

В. Долгов, О. Шульга. **Верифікація мультиагентних моделей у середовищі Netlogo в контексті імітаційного моделювання** 38

Є. Зима, І. Пономарьов, Ю. Рибка. **Дослідження ефективності методів розробки паралельних додатків на платформі .NET** 40

Є. Мелешко. **Розробка програмного забезпечення для виділення співтовариств у соціальній мережі** 42

О. Реута, Х. Хабраман. **Сегментація зображень на основі застосування метрики CIEDE2000 ΔE_{00}** 44

В. Спірінцев, Д. Попов. **Розробка віртуального цифрового помічника з голосовим інтерфейсом** 46

М. Церр, С. Вовк. **Розробка додатків мобільних систем на основі технології Peer-to-Peer** 48

Є. Василиненко, О. Реута. **Використання алгоритму spiht для стиснення інформації про форму просторових об'єктів** 50

В. Павліщук, С. Воропаєва. **Система розпізнавання рукописного тексту на основі нейронних мереж** 52

Я. Бабанська, Н. Соколова. **Надання психологічної підтримки за допомогою IT-технологій** 53

Вік. Гнатушенко, М. Погребняк. **Імітаційна модель розпізнавання фасеткових образів** 55

Д. Ковальов, С. Вовк. **Покращення якості розпізнавання текстових зображень з дрібними символами** 56

Т. Задоя, Н. Соколова. **Застосування сучасних інформаційних технологій як основа розвитку нової української школи** 58

М. Борча, Л. Дроздик, П. Пинюк. **Реконструкція зображень в Х-променевій томографії на основі розв'язку обернених задач** 59

Вік. Гнатушенко, О. Фісун. **Розробка рекомендаційної веб-системи на основі коллаборативної фільтрації** 60

А. Щербина, Н. Соколова. **Етапи реалізації проекту єдиної національної служби емоційної підтримки «I Help»** 62

В. Сирый, А. Вашерук, Т. Вашерук. **Разработка алгоритма определения микродефектов полупроводниковых пластин** 63

Секція II. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ І КОМПОНЕНТИ

О. Тонкошкур, В. Усенко. **Додаток для розрахунків параметрів фотоелектричних перетворювачів сонячних батарей** 66

С. Баловсяк, М. Гундерак, С. Мельничук, О. Пшеничний. **Програмне забезпечення для селекції відеопотоку на основі детектора руху** 68

А. Горбань, С. Цололо. **Створення комп'ютерної системи планування та проведення експериментів фізико-хімічної лабораторії наноматеріалів** 70

Л. Ахметшина, С. Митрофанов. **Особенности нечеткой кластеризации при сегментации МРТ изображений** 72

В. Есин, Д. Ганжа. **Анализ устойчивости к взлому системы парольной защиты СУБД Oracle** 74

К. Дегтярь, В. Герасимов, Н. Матвеева. **Особенности службы MS Reporting Services для задач построения отчетов** 76

А. Марухненко, Г. Халимов. **Анализ стойкости цифровой подписи HORS к атаке типа экзистенциальная подделка** 78

О. Цветкова, В. Нікітін. **Створення і використання віртуальних лабораторних робіт на кафедрі фізики ПДТУ** 80

Л. Ахметшина, О. Книш. **Аналіз ефективності серверу бази даних** 82

А. Литвинов, В. Герасимов, Н. Карпенко. **Особенности внедрения деятельного подхода при подготовке специалистов в области ИТ** 84

В. Горбачов. **Апаратні й програмні засоби керування сортопрокатним станом 400/200** 86

А. Литвинов, А. Белаковский, Р. Савченко. **Анализ производительности параллельных вычислений на GO и C++** 88

М. Прохорова, В. Герасимов. **Питання розробки чистої архітектури систем** 90

А. Морозов, В. Кузякова. **Визуализация суперпозиции булевых функций монофункционального базиса** 92

Л. Ахметшина, І. Скуратовський, С. Мазурик. **Прогнозування властивостей металооксидої кераміки з використанням нейромережі Кохонена** 94

T. Tkachenko, T. Komendar, D. Chernetchenko, N. Botsva. **Autonomous hardware-software complex for biosignals registration and processing** 95

В. Крохин, Д. Ковальчук, Е. Задоян. **Особенности разработки автоматизированной системы обработки данных на примере клиент-серверного приложения поддержки принятия решений в учебном процессе** 99

Секція III. РАДІОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ І ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

М. Андреев, О. Дробахин, А. Олевский. **Усовершенствованный подход к синтезу апертуры в ближней зоне излучения** 99

Ю. Жорняк, В. Корчинський. **Багатомасштабна компресія CDMA-сигналів у системах цифрового зв'язку** 100

M. Voloshin, D. Ses', D. Chernetchenko, E. Elina. **Battery charge systems driven by solar panels** 102

И. Зиненко, В. Пьянков. **Анализ четырехплечего Е-соединения волноводов с круговым цилиндром** 104

Д. Свинаренко, І. Абросімов. **Аналіз функціонування безкоштовних поштових серверів** 106

В. Онуфрієнко. **Диферінтегральна модель імітування від'ємних емностей та індуктивностей у фрактально конфігурованому середовищі** 107

С. Бухаров, Ю. Жорняк, Л. Цыпко. **Решетка из двух элементов Вивальди для систем телекоммуникаций** 109

М. Бугайов. **Адаптивна порогова обробка вузькосмугових сигналів у частотній області** 111

Б. Демченко, М. Андреев. **Комп'ютерне моделювання характеристик об'єктів з поверхневими плазмонними резонансами** 113

В. Мамедова, В. Павленко, Д. Салтыков. **Исследование связанных открытых коаксиальных резонаторов с нефокусирующими зеркалами** 114

С. Веклич. **Порівняльний аналіз цифрових методів обробки складних сигнальних конструкцій при виявленні окремих тонів сигналу** 116

Д. Михалевський. **Просторовий розподіл потужності сигналу в діапазоні 5 ГГц для стандарту 802.11** 118

В. Акішин, М. Андрєєв. **Комп'ютерне моделювання характеристик мікросмужкової антени типу bow-tie** 119

М. Корабельников. **Багатоцільовий пристрій на базі світлового мікроскопу** 121

О. Пустівий, А. Парамонов. **Виділення послідовності нот в аудіопотоці** 123

О. Провозєн, В. Магро. **Математичне моделювання та аналіз антен для мобільних пристроїв зв'язку** 125

Д. Скріпльов, Є. Бойко, Є. Сніжко, Д. Чернетченко. **Криптографічні методи захисту даних у вбудованих системах** 127

А. Авраменко. **Дослідження хвилеводної антенної решітки** 128

Д. Савченко, С. Петраш, О. Ігнатенко, С. Пославський, І. Гомілко. **Створення системи високоточного позиціювання в реальному часі** 129

О. Велущак, С. Воропаєва. **Розробка модуля освітлення для розумного будинку**

І. Гомілко, Б. Савченко, Є. Ланевич. **Використання сучасної елементної бази при навчанні спеціалістів в галузі електроніки та комп'ютерних систем** 132

Секція IV. ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА. МІКРО- І НАНОТЕХНОЛОГІЇ

О. Д'яченко, Д. Курбатов, А. Опанасюк, А. Čerškus. **Ефективність сонячних перетворювачів третього покоління на основі оксиду міді** 135

С. Рябцев, Т. Кошляк, В. Башев, А. Кушнерев, Н. Куцева, С. Антропов. **Метастабильные состояния в пленках несмешиваемых систем полученных трехэлектродным ионно-плазменным напылением** 137

A. Bendak, V. Studenyak, O. Yamkovy, M. Luchynets, A. Pogodin, O. Kokhan, I. Studenyak. **Structural studies and optical parameters of $(Cu_{1-x}Ag_x)_7GeS_5I$ mixed crystals** 139

О. Іванченко, О. Тонкошкур, С. Мазурик. **Захист від струмових перевантажень фотоелектричних систем сонячних батарей** 140

Г. Гайдар, М. Старчик, М. Пінковська. **Структурні зміни приповерхневих шарів кремнію при опроміненні дейтронами** 142

В. Онуфрієнко, Л. Онуфрієнко. **Вплив фрактальних меж затвору на провідність польового транзистора** 144

О. Тонкошкур, Л. Накашидзе. **Моделювання обмеження струму з використанням запобіжників «Polyswitch» в фотоелектричних системах сонячних батарей** 146

Я. Знаменщиков, В. Косяк, А. Опанасюк. **Товсті полікристалічні плівки $Cd_{1-x}Zn_xTe$ для детекторів жорсткого випромінювання** 148

О. Іванченко, С. Мазурик, В. Романець. **Вплив термообробки на електричні характеристики кремнієвих фотоелектричних перетворювачів сонячних батарей** 149

М. Сльотов, О. Сльотов. **Гетерошари ZnS_xSe_{1-x} як джерела оптичного випромінювання** 151

Г. Гайдар. **Тензоопір і тензотермоерс монокристалів *n*-Si та зв'язок між ними** 152

А. Ляшков, А. Тонкошкур. **Корреляция между током срабатывания и электрическим сопротивлением в проводящем состоянии предохранителей «Polyswith»** 154

М. Буланий, О. Коваленко, В. Кириченко. **Вплив ультразвуку на фотолюмінесценцію кристалів ZnS:Cu, Mn** 156

А. Галка, А. Ляшков, О. Хмеленко. **Влияние термообработки в восстановительных средах на спектры эпр оксида цинка** 158

М. Сльотов, О. Сльотов. **Вплив Sn на властивості гетерошарів α-ZnSe** 160

Р. Дыренков, И. Цапиро, А. Ляшков, В. Макаров. **Электрические свойства композитов полиэтилен-WO_3** 161

В. Соловйов, В. Колбунов. **Особливості перемикання критичних терморезисторів на основі діоксиднованадієвої кераміки** 163

К. Часовський, В. Яковенко. **Покрашення контролю тиску робочого газу під час осадження плівок методом реактивного магнетронного розпорошення** 165

Ю. Луцюк, В. Крамар. **Аналітичний розрахунок спектру акустичних фононів у нанoплівках GaN та AlN** 166

М. Метревелі, О. Хмеленко, В. Воровський, О. Коваленко. **Використання нанокристалів ZnO:Mn для газових сенсорів** 168

Р. Лис, Д. Слободзян, Б. Павлик, М. Кушлик. **Вплив постійного магнітного поля на характеристики діодів шотткі** 169

E. Berns, N. Tamarov, Y. Kolesnyk, M. Motsnyj, D. Chernetchenko. **Mobile system for measuring the color characteristics of objects** 171

Г. Усов, С. Пляка. **Вплив освітлення на електропровідність молибдата свинцю** 173

Д. Кулік, В. Колбунов. **Електропровідність керамічних терморезисторів на основі диоксиду ванадія** 174

С. Пляка, С. Кулєш. **Електропровідність кристалів ванадату вісмута легованих іонами фосфору** 176

Д. Гринь, В. Колбунов. **Дослідження електричних властивостей полімерних композитів PP–VO_2–Cu** 178

Секція V. ФІЗИЧНІ ЯВИЩА В МАТЕРІАЛАХ ЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЇХ ОТРИМАННЯ

M. Luchynets, V. Studenyak, A. Pogodin, M. Filep, V. Izai, O. Kokhan, I. Studenyak. **Growth technology and physical properties investigations of mixed crystals in Cu_7SiS_5I–Ag_7SiS_5I system** 180

S. Nedilko, S. Revo, V. Chornii, V. Boyko, V. Scherbatskii, M. Nedyelko, V. Sheludko. **Properties of the composite material based on thermoexpended graphite and zirconium oxide** 181

O. Chukova, S. Nedilko. **Effects of Yb^{3+} doping on luminescence properties of $PbWO_4$ crystals** 182

О. Коваленко, В. Воровський, В. Моісеєв. **Основні вимоги до синтезу нанокристалів ZnO:Mn низькотемпературним кріохімічним методом** 184

M. Ivashchenko, A. Opanasyuk, I. Buryk, D. Kuzmin, Yu. Stoliarchuk. **Current-voltage curves numerical simulation of photo-converters based on SnS/SnS_2/FTO structure** 185

Ya. Lepikh, V. Santonii, V. Yanko, L. Budiyanskaya, I. Ivanchenko. **Method and apparatus for determination of the high-speed objects motion coordinates and parameters** 187

С. Лягушин, О. Соколовський. **Кореляції електромагнітного поля в середовищі: моделювання та використання** 188

V. Santoniy, I. Ivanchenko, L. Budiyanskaya. **Method of imitation of the motion of optical-location device** 190

І. Вертегел, Є. Чесноков, О. Овчаренко, Ю. Гнатенко. **Спектри ЯКР I^{127} змішаного шаруватого напівпровідника $Pb_{x-1}Mn_xI_2$** 192

В. Прокопів, І. Горічок, О. Матківський, Л. Туровська. **Термоелектричні властивості телуриду свинцю з добавкою нанодисперсного TiO_2** 194

А. Олійнич-Лисюк, М. Раранський, О. Тащук, Р. Тащук, О. Лисюк. **Особливості деформації мікрокристалічного індію в широкому інтервалі температур** 196

Ю. Ерёменко, А. Опанасюк. **Морфология поверхности и структурные характеристики CdS и CdS:Dy** 198

М. Трубіцин, Д. Нечаєв. **Електричні властивості кристалів натрій вісмутового титанату** 200

В. Короновський, Ю. Вакула. **Магнітоелектричні явища в мікромагнітних структурних елементах феритових гранатів** 201

Н. Паламар, Я. Салій, Л. Никируй. **Морфологія поверхні плівкових конденсатів на основі PbTe** 203

С. Сиротюк. **Електронна структура твердих розчинів *InTlI* з урахуванням спін-орбітальної взаємодії** 205

Т. Горошко, І. Скуратовський. **Варисторно-сенсорний ефект у кераміці на основі SnO_2 з добавкою Sb_2O_5** 207

П. Пинюк, М. Борча. **Визначення розподілу деформацій кристалів штучного алмазу методом дифракції електронів** 209

Р. Лешко. **Граничні умови для багатозонних моделей нанокристалів** 210

Т. Мазур, В. Прокопів, М. Сльотов, О. Сльотов. **Властивості плівок та квантово-розмірних структур на основі CdTe** 211

І. Матяш, І. Мінайлова, О. Міщук, Б. Сердега. **Встановлення зв'язку між термонапруженнями та компонентами теплопереносу** 212

В. Глушко, Т. Панченко. **Дефекти нестехіометрії у кристалічній структурі силенітів кремнію** 214

Т. Ємець, М. Волнянський. **Вплив засвітлення на діелектричні властивості кристалів $PbMoO_4$** 216

О. Івон, В. Істушкін. **Web-додаток для моделювання осцилограм двійкових лічильників** 219

О. Івон, В. Істушкін, С. Савран. **Web-додаток для визначення середньої і діючої напруг сигналів з цифрових зображень осцилограм** 221

МЕТОД СГЛАЖИВАНИЯ СПЕКТРОВ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ

А. Коваленко, С. Вовк, Е. Плахтий
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
kovalenko.dnu@gmail.com

Анализ спектров фотолюминесценции (ФЛ) позволяет получать информацию о структуре энергетических уровней в запрещенной зоне полупроводника и энергии их активации. На практике анализ спектров ФЛ осложняется, в основном, наличием в экспериментальных данных шума фотодетектора, который состоит из двух основных компонент: шума, зависящего от значений полезного регистрируемого сигнала, и теплового шума. Для обеспечения высокого качества результатов анализа спектров эти шумы необходимо сглаживать, формируя гладкую функцию спектральной зависимости.

В данной работе предлагается простая и эффективная процедура сглаживания спектров ФЛ на основе метода регуляризации Тихонова [1]. Формально сглаживание зашумленной экспериментальной зависимости сводится к задаче ее приближения к гладкой функции. Понятие гладкой функции означает, что такая функция имеет непрерывную производную во всей области ее определения. Если для заданной функции предполагается существование непрерывных производных вплоть до r-го порядка включительно, то тогда говорят о функции с порядком гладкости r. Учитывая эти определения, для непрерывного случая математическая постановка задачи сглаживания экспериментальной зависимости $g(x)$ посредством функции $f(x)$, которая имеет r-й порядок гладкости, в рамках метода регуляризации Тихонова может быть сформулирована как задача минимизации функционала:

$$\min_{f(x)}\left(\int_0^X |\, g(x)-f(x)\,|^2\, dx+\alpha\int_0^X |\, D_r f(x)\,|^2\, dx\right), \tag{1}$$

где [0, X] – интервал наблюдения экспериментальной зависимости $g(x)$, D_r – линейный оператор вычисления производной r-го порядка, α параметр регуляризации Тихонова, который устанавливает компромисс между квадратом ошибки сглаживания и энергией r-й производной искомой гладкой функции $f(x)$. Отметим, что при $\alpha = 0$ из соотношения (1) получаем $f(x) = g(x)$, то есть сглаживание отсутствует, а при $\alpha \to \infty$ получаем, что функционал вообще не зависит от $g(x)$. Следовательно, полезное значение α лежит внутри открытого интервала $(0,\infty)$.

Используя изоморфизм линейных операторов и матриц, соотношение (1) для дискретного случая можно записать в виде:

$$\min_f\left(\|g-f\|^2+\alpha\|\mathbf{D}_r f\|^2\right), \tag{2}$$

где векторы g и f описывают известные и искомые данные, а матрица $\mathbf{D}_r$ отвечает оператору D_r. Задача (2) имеет очевидное решение:

$$f=\left(\mathbf{I}+\alpha\mathbf{D}_r^T\mathbf{D}_r\right)^{-1} g, \tag{3}$$

где $\mathbf{I}$ – тождественная матрица, а $\mathbf{D}_r^T$ – транспонированная матрица $\mathbf{D}_r$. Соотношение (3) представляет основу предлагаемого метода сглаживания зашумленных спектров ФЛ.

Численное моделирование зашумленных спектров показало, что решение (3) для r =5 и оптимального значения α является более эффективным, чем метод сглаживания Савицкого-Голея [2] для оптимального значения степени сглаживающего полинома и оптимальной ширины скользящего окна. Отсюда можно сделать вывод о целесообразности применения метода Тихонова для сглаживания спектров ФЛ [3].

На рис.1 приведены результаты сглаживания спектра ФЛ кристаллов ZnS:Mn с гексагональной структурой (рис.1a) и со структурой микродвойника (рис.1b), которые демонстрируют эффективность сглаживания экспериментальных спектров ФЛ методом регуляризации Тихонова.

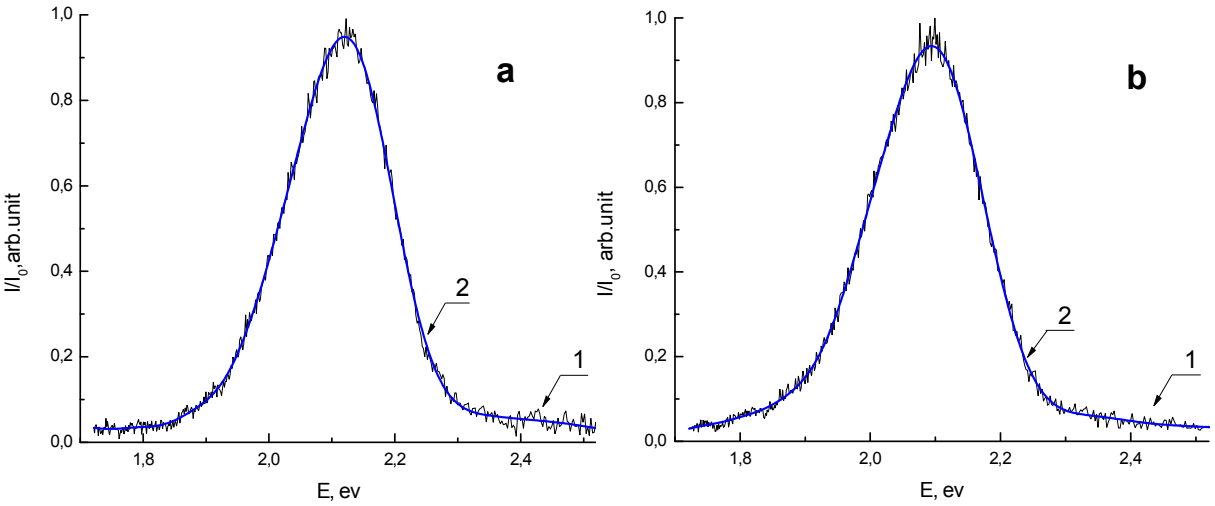


Рис. 1. Сглаживание спектров ФЛ: a) - экспериментальный спектр ФЛ кристаллов ZnS:Mn с гексагональной структурой (кривая 1) и результат его сглаживания методом Тихонова для r =5 (кривая 2); b) - экспериментальный спектр ФЛ кристаллов ZnS:Mn со структурой микродвойника (кривая 1) и результат его сглаживания методом Тихонова для r =5 (кривая 2) .

[1] Tikhonov A. N., Arsenin V. Y.: Solutions of ill-posed problems, New York, Wiley, 1977. – 272 p.
[2] Schafer R. W. What is a Savitzky-Golay filter?[lecture notes]. IEEE Signal processing magazine. Vol. 28. Issue 4. (2011)P. 111-117.
[3] Kovalenko A.V., Plakhtiy E.G., and Vovk S.M. Application of derivative spectroscopy method to photoluminescence in ZnS: Mn nanocrystals. Ukrainian Journal of Physical Optics Vol. 19. Issue 3. (2018).P. 130-140.

METHOD OF SMOOTHING PHOTOLUMINESCENCE SPECTRA

A. Kovalenko, S. Vovk, Y. Plakhtii
Oles Honchar Dniprovsk National University
kovalenko.dnu@gmail.com

The method of smoothing the photoluminescence spectra is proposed. It based on the properties of smooth functions and Tihonov's method of regularization. The closed form of obtained solution leads to simple calculations that are more efficient than calculations by the Savitsky-Golay method.

The results of smoothing the experimental photoluminescence spectra are presented.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОТКЛИКА ОТ СТРУКТУР БРЭГГОВСКОГО ТИПА В ЧАСТОТНОЙ И ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ

М. Андреев, О. Дробахин, Д. Салтыков
Дніпровський національний університет,
mik.v.andreev@gmail.com

Слоистые структуры брэгговского типа (СБТ) находят широкое применение в прикладной физике. Их используют в качестве фильтров, дифракционных решеток, зеркал резонаторов (например, в лазерах VCSEL) и для решения некоторых специфических задач в микроволновом диапазоне [1]. Определенные специфические явления имеют место в СБТ при их импульсном возбуждении, в частности, эффект отрицательной групповой задержки (ОГЗ). Использование СБТ при реализации современных цифровых технологий вызывает необходимость анализа распространения импульсных сигналов в таких структурах с оценкой влияния реверберацией, что требует рассмотрения особенностей представления отклика от СБТ в частотной и временной области.

Для представления коэффициента отражения СБТ в частотной области при анализе резонансных свойств использовалась дробно-рациональная модель. Чтобы перейти от отношения экспоненциальных полиномов к отношению алгебраических полиномов выполнялся переход на z-плоскость. Для определения параметров дробно-рациональной модели было предложено использовать интерполяцию цепными дробями. Было показано, что важна не только информация о полюсах частотной зависимости, но и о ее нулях, и что эффект ОГЗ имеет место для минимально фазовых систем. Исследование отражения импульсов разной формы от СБТ показало важную роль множественных отражений при формировании отраженного сигнала, а анализ искажений формы импульсов позволил дать объяснение эффекту ОГЗ. Было показано, что ОГЗ для импульса, отраженного СБТ, может быть реализована в регулярных и резонансных структурах, если спектр импульса попадает в область с аномальной дисперсией.

Разделение временного отклика отражения от СБТ на ранневременную и поздневременную часть позволило выделить в частотной области характеристику отражения от полубесконечной СБТ. Коэффициент отражения от границы раздела с такой средой имеет чрезвычайно широкую область аномальной дисперсии, что может быть полезным при создании соответствующих метаматериалов.

[1] Andreev M. V., Borulko V. F., Drobakhin O. O., Sidorov D. V. Bragg Structures with Thin Lossy Layers // Proc. XI Int. Conf. on Antenna Theory and Techniques, Kyiv, Ukraine, 24-27 May 2017. – pp. 312-314.

FEATURES OF THE REPRESENTATION OF THE RESPONSE FROM BRAGG- TYPE STRUCTURES IN THE FREQUENCY AND TIME DOMAIN

M. Andreev, O. Drobakhin, D. Saltykov
Oles Honchar Dnipro National University

The influence of the poles and zeros of the frequency response of Bragg-type layered structures on the effect of negative group delay is considered. The role of pulse shape distortion in this effect is shown and the reflection from semi-infinite structure is determined.

ЗАВАДОСТІЙКІСТЬ ПРОЦЕДУР АУТЕНТИФІКАЦІЇ АБОНЕНТІВ У СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Б. Гунько, В. Корчинський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
korchins50k@i.ua

Внаслідок свободи доступу до радіоефіру системи безпровідного зв'язку уразливі щодо несанкціонованого доступу до інформації, що передається, та спроб обману телекомунікаційної системи та абонентів. Внаслідок цього стандарти систем мобільного зв'язку передбачають різноманітні механізми захисту інтересів санкціонованих користувачів та самої мережі. До таких механізмів належать шифрування даних та аутентифікаціі користувачів мережі [1]. Дана робота присвячена проблемі аутентифікації користувачів систем мобільного зв'язку.

Основним способом аутентифікації є уведення на передавальній стороні у повідомлення додаткового хеш-коду (імітовставки, дайджесту повідомлення) [2, 3], причому для збільшення достовірності аутентифікації рекомендовано здійснювати шифрування імітовставки за протоколом RSA [1].

Такий спосіб аутентифікації має суттєве обмеження: невідповідність імітовставки на приймальному боці може бути зумовлена не лише свідомою зміною повідомлення, а й завадами, які неминуче присутні у каналі передавання даних.

У даній роботі здійснено дослідження ефективності низки методів завадостійкого кодування повідомлень, супроводжуваних імітовставками, щодо її достовірності відповідності повідомленню.

Завадостійке кодування повідомлень, супроводжуваних імітовставкою, здійснювалося блоковими циклічними та згортковими кодами з різними генераторними поліномами.

За результатами численних обчислювальних експериментів отримані наступні результати.

1. За використання завадостійких циклічних кодів з довжиною інформаційного блоку 8 бітів (найбільш поширений формат передавання даних у цифрових системах зв'язку) з різними кодовими генераторами та використанням двопозиційної фазової маніпуляції за відношення «сигнал/шум» у каналі передавання, починаючи з 2.5 дБ, повідомлення приймається без помилок.
2. За тих же вихідних умов при мінімальній частотній маніпуляції сигналу передавання даних повідомлення приймається безпомилково за відношення «сигнал/шум» починаючи з 2.7 дБ.
3. При згортковому кодуванні зі ступенем 1/2 та фазовій модуляції сигналу повідомлення приймається безпомилково починаючи з відношення «сигнал/шум» 1.7 дБ. При згортковому кодуванні зі ступенем 1/3 безпомилковий прийом реалізується починаючи з відношення «сигнал/шум», до дорівнює 0.5 дБ за фазової та мінімальної частотної модуляції сигналу.

При дослідженні ефективності згорткового кодування були використані усі оптимальні коди з малою довжиною кодового обмеження зі ступенем кодування 1/2 та 1/3 з генераторами, наведеними в [3], причому було виявлено слабку залежність

граничного значення відношення «сигнал/шум», починаючи з якого усі помилки передавання коригуються, від від величини кодового просвіту.

Криптографічна стійкість захисту імітовставки за протоколом RSA оцінювалася за показником

$$r = \left| \frac{H(X) + H(Y) - H(X \cdot Y)}{H(X)} \right|,$$

де $H(X)$, $H(Y)$ - інформаційні ентропії імітовставки X та її криптограми Y за протоколом RSA; $H(X \cdot Y)$ - сумісна інформаційна ентропія.

Встановлено, що за використання усіх циклічних кодів з довжиною інформаційних блоків 8 біт $0.88 < r < 0.90$. При використанні оптимальних згорткових кодів ступеня 1/2 цей показник належить інтервалу $[0.77, 0.79]$, а зі ступенем 1/3 – інтервалу $[0.74, 0.76]$.

Результати даного дослідження дають підстави для рекомендацій щодо вибору способу забезпечення стійкості до завад процедур аутентифікації абонентів у системах безпровідного цифрового зв'язку. Найбільш ефективне у цьому відношенні згорткове завадостійке кодування за ступенем 1/3. Разом з тим за критерієм практичної криптографічної стійкості захисту імітовставки за протоколом RSA воно менш ефективне, ніж завадостійке кодування циклічними кодами.

В прикладному плані вибір способу завадостійкого кодування повідомлень, супроводжуваних імітовставками, вирішується пріоритетністю питань мінімізації відношення «сигнал/шум» в каналі передавання даних, починаючи з якого усі помилки передачі коригуються, та криптографічної стійкості захисту дайджесту повідомлення.

[1] Ипатов В.П. Системы мобильной связи / В.П.Ипатов, В.К.Орлов, И.М.Самойлов, В.Н.Смирнов. М.: Горячая линия-Телеком (2003), 272 с.
[1] Иванов М.А. Криптографические методы защиты информации в компьютерных системах и сетях / М.А. Иванов. – М.: КУДИТ-ОБРАЗ (2001), 364 с.
[1] Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Б. Скляр. – М.: Вильямс (2003) , 1104 с.

NOISE STABILITY OF PROCEDURES FOR SUBSCRIBERS' AUTHENTIFICATION IN SYSTEMS OF A DIGITAL MOBILE COMMUNICATION

B. Gunko, V. Korchinsky
Oles Honchar Dnipro National University
korchins50k@i.ua

Work is devoted to problems of a noise stability of procedures аутентификации messages by their transmission to mobile communication systems. Recommendations concerning application of various ways of noiseproof encoding of digital signatures are made.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ СВЕРХБЫСТРОГО ОХЛАЖДЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В. Башев
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
bashev_vf@ukr.net

Повышенные требования к современным материалам предполагает создание и применение новых методов их получения и режимов обработки. К числу таких методов относятся методы сверхбыстрого охлаждения из жидкого и парообразного состояния. В результате применения подобных методов в пленочных материалах обнаружены и обнаруживаются новые, уникальные по своим физико-химическим характеристикам свойства. Поскольку уже традиционные методы быстрого охлаждения исчерпывают свои возможности проводятся работы их усовершенствования. На кафедре ЭФФМ разработан и активно используется на практике модернизированный метод трехэлектродного ионно-плазменного распыления. Его разработка дала возможность получить новый, перспективный класс однородных сплавов, компоненты которых в земных условиях не склонны к взаимному смешиванию в жидком состоянии. В результате это позволило получать бесподслойные высокоадгезионные (>25МПа) пленки благородных, высокоэлектропроводящих металлов на диэлектрических (ситалловых, поликоровых, кварцевых) подложках, благлдаря чему добротность полосковых резисторов на сверхвысоких частотах (>5ГГц) увеличилась примерно в 1,6-1,7 раза. При этом наблюдается снижение энергетических затрат, уровня внутренних шумов в устройствах, работающих в СВЧ-диапазоне. Модернизированный метод распыления позволил впервые получить твердое и нанокристаллическое состояние в системах с аномально высокой положительной энергией смешения (200-400 кДж/моль). Подобные системы обладают широкими номиналами поверхностного электросопротивления для тонкопленочных резисторов (10-300 кОм/квадрат, W-Ba, Ni-Ba), прецизионными значениями ТКС (до 10^{-6} K^{-1}), высокой коэрцитивной силой в жестких магнитах системы Mn-Bi, Fe-Nd-B (до 260 кА/м) и несмешиваемых системах ферромагнетик-диамагнетик, высокой эмиссионной способностью пленочных катодных узлов при сравнительно низкой рабочей температуре (несмешиваемые системы W-Ba-Cu, Ni-Ba-Mg). Возможность получения в несмешиваемых системах аморфного состояния дает уникальную возможность контролируемого получения в структуре материала наноструктурного состояния, обладающего целым набором полезных физических и эксплуатационных характеристик. Предложенный метод оказался эффективным также в получении высокоэнтропийных материалов (с числом эквиатомных компонентов в сплаве более 5). К таким материалам в настоящее время приковано особое внимание материаловедов ввиду их аномально высоких механических и эксплуатационных характеристик, таких як твердость, износостойкость, стойкость к окислению, коррозии и ионизирующим излучениям, хорошая биологическая совместимость с живыми тканями. Еще одним важным научно-практического направления кафедри является усовершенствование свинцово-кислотных аккумуляторов в связи с повышением требований со стороны современной автомобильной промышленности. Исследования влияния неравновесной

кристаллизации расплава промышленных сплавов систем Pb-Sn-Ca, Pb-Sn-Ca-Ba между двумя массивными валками показали существенное (на 35-40%) улучшение механических характеристик, коррозионной стойкости. Установлено, что уменьшение потери массы при коррозии при этом обусловлено измельчением зернистой структуры по сравнению с промышленной технологией. Введение в состав сплава бария способствует модифицированию конечной структуры аккумуляторных сплавов.

Развитие современного производства в таких отраслях, как металлургия, машиностроение сопровождается повышением требований использования деталей машин и агрегатов. Это обусловливает необходимость использования принципиально новых материалов, которые гарантируют необходимый уровень функциональных характеристик оборудования. К таким материалам в первую очередь относятся композиционные материалы (КМ), создание которых считается одним из выдающихся достижений в области современного научного, физического материаловедения конца 20-го столетия, поскольку они в отличие от обычных сплавов одновременно соединяют в себе пластические и прочностные характеристики. При этом должна решаться актуальнейшая проблема материаловедения: проблема обеспечения надежного соединения наполнителя и металлической матрицы с целью максимальной реализации их свойств. Композиционные материалы, которые были разработаны в Отделе динамической металлофизики, входящей входит в состав кафедры, отличаются высокой твердостью и пластичностью и не имеют в своем составе дорогих и дефицитных компонентов. А для их получения можно использовать отходы производства. При этом было получено увеличение срока службы упрочненных деталей в 2-3 раза. Разработанные новые борсодержащие материалы для электродуговой наплавки с успехом используются для упрочнения в доменном производстве. Промышленный опыт их использования показал высокую экономическую целесообразность благодаря сохранению многих тонн черных и дефицитных металлов.

PERSPECTIVITY OF METHODS OF SUPERFAST COOLING AND STRENGTHENING THE SURFACE FOR CREATING MODERN MATERIALS

V. Bashev
Oles Honchar Dnieper National University
bashev_vf@ukr.net

The report highlights the current problems of improving the properties of materials for modern industries: radio and microelectronics, ferrous and nonferrous metallurgy. Showing promising methods for their production, associated primarily with the nonequilibrium crystallization of alloys from the liquid and vapor state. The significant role of the development and introduction of composite materials into modern production, combining simultaneously high mechanical and plastic characteristics, is noted. The economic feasibility of the further introduction of new materials in various industries.

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ТРАФІКА В БЕЗДРОТОВИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ

В. Хандецький
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
v.khandetsky@gmail.com

Основним режимом роботи бездротових комп'ютерних мереж стандарту 802.11 (WiFi) з інфраструктурною топологією є розподілений режим доступу DCF, коли робочі станції мережі (STA) конкурують між собою в процесі захоплення середовища пересилання даних. При збільшенні кількості STA і підвищенні інтенсивності трафіку між кожною з них та точкою доступу (IP) збільшується кількість колізій, обробка яких за діючою процедурою CSMA/CA передбачає повторні передачі фреймів через визначені інтервали часу з випадковою довжиною. При цьому знижується швидкість роботи мережі [1].

В роботі [2] досліджено, як змінюється інтенсивність службового трафіку в мережі 802.11 при збільшенні кількості одночасно працюючих STA. Імовірність колізії при наявності n рівномірно генеруючих фрейми станцій визначалась як $p=(n/N)^3$, де N – максимальна кількість станцій. Це значення в розглянутому прикладі дорівнює N=12 і обиралось воно із розрахунку повного перекриття колізіями смуги пропускання мережі. Розподіл кількості повторних колізій для кожного фрейму обчислювався за законом Пуассона. Одержані результати показали, що при n=6 відношення сумарних інтервалів часу окремо колізій і фреймів даних $\lambda= T_c/T_f$ дорівнює 0,38, а відношення повного інтервалу зайнятості смуги $T_\Sigma= T_f+ T_c$ до тривалості інтервалу оцінювання T_0 $(\eta=T_\Sigma/T_0)$ дорівнює 0,25. При n=8 λ=0,96, а η=0,47; при n=9 λ=1,35, а η=0,64. Таким чином, вже при n=9 з максимальної кількості станцій N=12 сумарна тривалість колізій перевищує сумарну тривалість фреймів даних, а повний інтервал зайнятості смуги складає 64% від граничного. Ці результати дозволяють оцінити ефективність методу випадкового множинного доступу до середовища передавання даних.

Недоліком бездротових мереж є досить значна імовірність викривлення даних при пересиланні. Для зменшення впливу цього негативного фактору пропонують здійснювати фрагментацію фреймів. Якщо, наприклад, імовірність викривлення одного розряду поля даних фрейму при пересиланні дорівнює 10^{-4}, то при довжині цього поля L_1=2000 байтів імовірність пересилання такого фрейму невикривленим складає ξ_1=0,20. При зменшенні довжини поля даних в чотири рази, тобто до L_2=500 байтів ξ_2=0,67, а при L_3=200 байтів ξ_3=0,85.

Проте стандарт 802.11 передбачає підтвердження одержання кожного фрейму квитанцією. В якості квітанцій використовуються службові фрейми ACK. Така як кожний фрагмент початкового фрейму сам по собі є фреймом даних з власним заголовком, то кількість квитанцій ACK збільшується відповідно. Так розбивання фрейму L_1 на десять фрагментів приведе до необхідності одержання десяти квитанцій ACK. Це суттєво зменшує швидкість роботи мережі тому, що STA не може передати наступного фрейму, не одержавши ACK на попередній. Слід також мати на увазі, що службові фрейми ACK до моменту відправки звичайно перебувають в черзі буферної пам'яті точки доступу AP, що вносить деяку додаткову затримку.
Фрагментація фреймів збільшує «накладні витрати» щодо передавання даних тому, що тепер кожний фрагментований фрейм повинен споряджуватися заголовком. Це додатково зменшує швидкість передачі даних фреймами.

Для подолання проблем «прихованих» і «засвічених» станцій використовуються службові фрейми : запит на передачу RTS і підтвердження готовності прийому CTS.

Проте цими фреймами STA і IP обмінюються перед початком пересилання інформаційного фрейму. Якщо цей фрейм фрагментується, то RTS і CTS використовуються тільки перед початком пересилання першого фрагменту. При цьому в режимі конкурентного доступу значно підвищується імовірність того, що інша станція може захопити середовище в інтервалі між фрагментами. Це, у свою чергу, підвищує імовірність колізій і приводить до уповільнення передавання інформації.

В той же час слід звернути увагу на те, що імовірність колізії коротких фреймів менше і в першому наближенні її можна прийняти пропорційною довжині фрейму.

При розрахунках відносної зайнятості смуги пропускання мережі колізіями важливо з максимальною достовірністю визначити, як змінюється імовірність колізій при збільшенні інтенсивності трафіку. Ми пропонуємо використовувати для цього наступний вираз:

$$p = \frac{1}{\alpha k}\left[\frac{n}{N}\left(1 + \lambda k + \frac{\beta}{(1-\theta)^{L/k}}\right)\right]^{q}, \qquad (1)$$

де p - імовірність виникнення колізії, k - коефіцієнт фрагментації початкового фрейму, n – кількість STA, рівномірно генеруючих фрейми, N- гранична кількість STA, при якій смуга пропускання мережі повністю перекривається колізіями, θ – імовірність викривлення одного розряду поля даних фрейму при пересиланні, L – довжина початкового фрейму; α, λ, β - масштабуючи коефіцієнти.

В наведеному виразі другий доданок в круглих дужках відображує збільшення кількості колізій при фрагментації за рахунок появи додаткових інтервалів між фрагментами фрейму; третій доданок відображує збільшення кількості колізій за рахунок повторних пересилань фреймів при викривленні їх розрядів.

Проведені розрахунки з використанням моделі (1) і початкових даних, наведених вище, дозволили визначити діапазони значень параметрів моделі, що найбільше відповідають експериментальним даним. Виникає можливість оцінити швидкість передавання інформації в мережі в залежності від кількості одночасно працюючих станцій і ступеню фрагментації фреймів.

[1] Khandetskyi V.S., Sivtsov D.P. Traffic Routing in Distributed Wireless Computer Networks. System Technologies. No.1(114). (2018). P. 142-148.

[2] Хандецький В.С., Сівцов Д.П., Полухін Г.В. Аналіз методу випадкового множинного доступу в WiFi – мережах. IX науково-практична конференція «Сучасні проблеми і досягнення в галузі радіотехніки, телекомунікацій та інформаційних технологій». Збірник матеріалів. (Запоріжжя, 3-5 жовтня 2018). С.106-107.

OPTUMIZATION OF TRAFFIC STRUCTURE IN WIRELESS COMPUTER NETWORKS

V. Khandetskyi
Oles Honchar Dnipro National University
v.khandetsky@gmail.com

An expression for determining the probability of collisions in wireless computer networks taking into account the frames fragmentation is proposed. This makes it possible to estimate the speed of information transmission in the network depending on the traffic intensity at a given level of noise immunity.

ОБРОБКА ДАНИХ НА ОСНОВІ КРИТЕРІЮ МІНІМУМУ ПРОТЯЖНОСТІ

С. Вовк
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
vovk_s_m@ukr.net

Критерій мінімуму протяжності заснований на понятті "протяжність множини" ненульових значень абстрактної функції [1]. Він полягає у вимозі мінімізувати протяжність множини ненульових значень функції, яка використовується для пошуку рішення, причому така функція може представляти собою як відхил шуканого рішення від використовуваної моделі, так і шукане рішення. Доцільність та ефективність використання критерію мінімуму протяжності досягається для рішенння задач з такими характеристиками: 1) шукане рішенння задане параметричною моделлю з невеликим числом невідомих параметрів, а початкові дані спотворені адитивним шумом та грубими помилками у вигляді аномальних значень; 2) шукане рішення має малу протяжність, а початкові дані представляють його зашумлену розмиту копію; 3) рішення задачі є розрідженим або має малу протяжність, а початкові дані вміщують шум та грубі відхилення від відомої моделі розмиття рішення.

Критерій мінімуму протяжності є узагальненням та розвитком ідей методів узагальненої максимальної правдоподібності [2] та мінімуму тривалості [3]. Узагальнення ідеї методу узагальненої максимальної правдоподібності полягає в її застосуванні не лише до відхилу рішення, але й до шуканого рішення, яке може подаватися як скалярною, так і векторною функцією. Узагальнення ідеї методу мінімуму тривалості полягає в її застосуванні не лише до функцій часу з метою екстраполяції їх спектра, але й до довільних функцій для інших цілей обробки, а також в її застосуванні до відхилу рішення. Розвиток ідей вказаних методів полягає в побудові "супермножини" вартісних функцій, яка керується набором з трьох вільних параметрів. В якості своїх граничних випадків супермножина вміщує багато відомих вартісних функцій, а розроблений механізм їх перетворення дозволяє виконувати налаштування процесу обробки даних на поточне шумове оточення.

На основі критерію мінімуму протяжності можливі формулювання різних задач обробки даних. Зокрема задача апроксимації функції $g(x)$ функцією $f(x,\theta)$, де θ є вектором невідомих параметрів, має вигляд:

$$\min_{\theta} E^{(\alpha,\beta,q)}[g(x)-f(x;\theta)]; \quad x \in X, \tag{1}$$

де X є область спостереження функції $g(x)$, а $E^{(\alpha,\beta,q)}$ позначає функціонал протяжності (квазіпротяжності), який в неперервному випадку має вигляд:

$$E^{(\alpha,\beta,q)}[s(x;\theta)] = k_S^{(\alpha,\beta,q)} \int_X [(1+|s(x;\theta)/\alpha|^q)^{\beta/q} - 1]dx, \tag{2}$$

де $\alpha > 0$; $-\infty < \beta \le 1$; $0 < q < \infty$; $\beta < q$; $k_S^{(\alpha,\beta,q)} = 1/[(1+|x_1/\alpha|^q)^{\beta/q} - 1]$ та x_1 є точкою нормування підінтегральної функції на одиницю. У випадку, коли функція $f(x;\theta)$ є константою, задача (1) полягає у визначенні значення цієї константи, а її рішення призводить до різних оцінок: для $\alpha \to \infty$ та $q = 2$ отримуємо середнє арифметичне

значення, для $\alpha \to \infty$ та $q = 1$ отримуємо медіану, для $\beta \to 0$ та $q = 2$ отримуємо міріадне значення, для $\beta \to 0$ та $q = 1$ отримуємо меридіанне значення й т.д. В умовах наявності шуму та завад апріорно невідомої природи необхідним є налаштування значень вільних параметрів α, β й q, яке може бути виконане методом навчання. Слід зазначити, що в загальному випадку функціонал (2) не є ні опуклою, ні унімодальною функцією невідомих параметрів. За цієї причини можлива лише його чисельна мінімізація, виконувана в основному методами оптимізації нульового порядку. Результати моделювання низки різних задач апроксимації для випадків лінійних та нелінійних параметрів, які проводилися в умовах наявності в даних шуму та грубих помилок, продемонстрували ефективність їх рішення на основі критерію мінімуму протяжності.

Важливий клас складають обернені задачі з прямим лінійним оператором, які на основі ізоморфізму лінійних операторів та матриць для дискретного випадку зводяться до рішенння систем лінійних алгебраїчних рівнянь виду $\mathbf{Au} = \mathbf{b}$. В умовах, коли вектор рішення $\mathbf{u}$ є розрідженим, а вектор початкових даних $\mathbf{b}$ є спотвореним через шум та грубі помилки, має сенс постановка наступної задачі мінімізації:

$$\min_{\mathbf{u}} \{E^{(\alpha_1,\beta_1,q_1)}[\mathbf{Au} - \mathbf{b}] + \gamma E^{(\alpha_2,\beta_2,q_2)}[\mathbf{u}]\}, \tag{3}$$

де γ є параметром регуляризації, який встановлює компроміс між протяжністю відхилу для отримуваного рішення та протяжністю цього рішення. Окремими випадками (3) є задачі, в яких головна та/або регуляризуюча частина функціоналу побудовані на основі квадратичного критерію. Можна показати, що для $\alpha_1 \to \infty$, $\alpha_2 \to \infty$ та $q_1 = q_2 = 2$ задача (3) стає задачею регуляризації Тихонова. Результати чисельного моделювання підтвердили ефективність рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь на основі зазначеного критерію в умовах, коли вектор рішення є розрідженим, а вектор її правої частини є спотвореним шумом та грубими помилками.

[1] Titchmarsh E. C. The theory of functions. New York: Oxford University Press. (1939). 454 p.
[2] Huber P., Ronchetti E.M. Robust statistics. 2nd ed. Hoboken: Wiley. (2009). 370 p.
[3] Vovk S.M., Borulko V.F. Minimum duration method for recovery of finite signals. Radioelectronics and Communications Systems. Vol. 34. (1991). P. 67-69.

DATA PROCESSING BASED ON CRITERION OF MINIMUM-EXTENT

S. Vovk
Oles Honchar Dnipro National University
vovk_s_m@ukr.net

The problem statements of data processing based on criterion of minimum-extent are discussed. The data approximation problem in the presence of noise and gross errors is formulated, and its limiting cases are noted. The formulation of inverse problem with a direct linear operator for data corrupted by noise and gross errors is presented. Numerical simulation confirmed the effectiveness of solving these problems based on the minimum-extent criterion.

ІНФРАЧЕРВОНІ СПЕКТРИ ТА РОЗУПОРЯДКОВАНІСТЬ КРИСТАЛІЧНИХ БЕНЗОКСАЗОЛІВ З ВНУТРІШНЬОМОЛЕКУЛЯРНИМ ФОТОПЕРЕНЕСЕННЯМ ПРОТОНУ

Є. Сєтов
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
setov2003@yahoo.com

Внутрішньомолекулярне фотоперенесення протону привертає увагу дослідників протягом декількох десятиліть як швидка фотохімічна реакція з метою прояснення мікроскопічного механізму її перебігу, так і можливістю практичного його застосування у матеріалах для оптоелектроніки, зокрема, для створення лазерів, перетворювачів сонячного випромінювання та органічних світлодіодів [1]. 2-(2'-гідроксифеніл)безоксазол (HBO), 2,5-ді-(2-бензоксазоліл)фенол (DBP), 2,5-біс(2-бензоксазоліл)гідрохінон (BBHQ) є сполуками, молекули яких містять бензоксазольні фрагменти та демонструють фотоперенесення протону. Ці речовини виявляють фотолюмінесценцію, зокрема, і у кристалічному стані, з характерним для фотоперенесення протону аномально великим стоксовим зсувом. Молекули HBO, DBP та BBHQ можуть мати декілька поворотних ізомерів, що відрізняються один від одного взаємною орієнтацією бензоксазольних та фенольного (або гідрохінонового) фрагментів, при чому тільки поворотні ізомери з внутрішньомолекулярним водневим зв’язком OH…N виявляють фотоперенесення протону.

Інфрачервоні спектри поглинання порошків HBO, DBP та BBHQ, виміряні у таблетках KBr у області 400 – 4000 см$^{-1}$, було порівняно зі спектрами ізольованих молекул, розрахованими за допомогою методів теорії функціоналу електронної густини для різних поворотних ізомерів. Встановлено, що спектри, розраховані для поворотних ізомерів з водневими зв’язками OH…N добре узгоджуються з експериментальними, у той же час смуги, розраховані для ізомерів з водневими зв’язками OH…O, які відрізняються за частотою від смуг ізомерів з водневими зв’язками OH…N, не мають відповідності у виміряних спектрах. У спектрі сполуки DBP спостерігаються смуги з частотами 948, 1070, 1395, 1540 та 1560 см$^{-1}$, які добре узгоджуються зі смугами, розрахованими для поворотного ізомеру, існування якого обумовлене різною орієнтацією бензоксазольного фрагменту, що не утворює водневого зв’язку [2]. Розрахунки коливань, виконані за допомогою методів функціоналу електронної густини у наближенні сильного зв’язку для періодичних структур HBO та BBHQ демонструють, що коливання кристалічної решітки з частотами у діапазоні 400 – 4000 см$^{-1}$ є внутрішніми, а оцінка інтенсивності смуг у інфрачервоних спектрах у рамках моделі орієнтованого газу показує, що спектри кристалічних порошків будуть подібними до спектрів ізольованих молекул.

Найменшу енергію мають структури з водневим зв’язками OH…N, поворот бензоксазольного фрагменту молекули DBP, який не утворює водневого зв’язку, незначно збільшує енергію (різниця складає близько 0.01 еВ), у той же час структури з водневими зв’язками OH…O мають енергію, більшу на величину близько 0.25 еВ. Величина енергетичних бар'єрів, що розділяють локальні мінімуми енергії ізольованої молекули, які відповідають різним поворотним ізомерам, була оцінена як енергія сідлових точок поверхонь потенціальної енергії та складає близько 0.59 еВ для

обертання бензоксазольних фрагментів, які утворюють водневий зв'язок та 0.31 еВ для обертання безоксазольного фрагменту молекули DBP, що не утворює водневий зв'язок. Така величина бар'єрів є недостатньою для окремого існування таких структур і тому поворотні ізомери ізольованих молекул знаходяться у динамічній рівновазі. Співвідношення інтенсивності смуг з частотами 958 $см^{-1}$ та 948 $см^{-1}$ у експериментальному спектрі, які віднесені до коливань різних поворотних ізомерів DBP, що утворюються обертанням бензоксазольного фрагменту без водневого зв'язку, складає 0.6, а відповідне значення співвідношення інтенсивності, отримане з обчислених значень інтенсивності інфрачервоних смуг та співвідношення енергії поворотних ізомерів, є 0.4 [2].

Розрахунки структури з використанням методів функціоналу електронної густини у наближенні сильного зв'язку для молекулярних кластерів, які відповідають розташуванню молекул у кристалах HBO та BBHQ, показують, що дефекти, обумовлені реорієнтацією молекул з водневими зв'язками OH…N мають меншу енергію, ніж дефекти, обумовлені утворенням поворотних ізомерів з водневими зв'язками OH…O.

[1] Hsieh C-C., Ho M-L., Chou P-T. Organic Dyes with Excited-State Transformations (Electron, Charge, and Proton Transfers). Advanced Fluorescence Reporters in Chemistry and Biology I: Fundamentals and Molecular Design. Ed. by Demchenko A. P. Springer Ser. Fluoresc. Vol. 8. (2010). P. 225 - 266.

[2] Syetov Y., Vdovin A. Infrared spectra of benzoxazoles exhibiting excited state proton transfer. Vib. Spectrosc. Vol. 53. (2010). P. 146-150.

INFRARED SPECTRA AND DISORDER OF CRYSTALLINE BENZOXAZOLES EXHIBITING INTRAMOLECULAR EXCITED STATE PROTON TRANSFER

Y. Syetov

Oles Honchar Dnipro National University

setov2003@yahoo.com

Infrared spectra of polycrystalline powders of 2-(2'-hydroxyphenyl)benzoxazole (HBO), 2,5-di-(2-benzoxazolyl)phenol (DBP) and bis-(2,5-benzoxazolyl)hydroquinone (BBHQ) in the range of 400 - 4000 cm^{-1} are compared with the spectra of isolated molecules calculated by density functional theory methods for various rotamers. It is found that the spectra calculated for the structures with hydrogen bonds OH...N are in good agreement with the experimental ones, at the same time the IR bands calculated for structures with hydrogen bonds OH...O that differ in frequency from the bands of rotamers with hydrogen bonds OH...N do not correspond to the measured spectra. In the case of DBP, which molecule might have rotamers forming by different orientation of the non-hydrogen-bonded benzoxazole moiety, the correspondence of the bands in the spectrum and calculations is found [2]. Calculations of vibrations performed by density-functional based tight-binding methods for periodic structures of HBO and BBHQ show that the spectra of crystalline powders in the region of internal vibrations are similar to the spectra of isolated molecules. Calculations of the structure for the corresponding molecular clusters demonstrate that the defects formed by reorientation of molecules with hydrogen bonds OH...N have lower energy than defects caused by formation of rotamers with hydrogen bonds OH...O.

СТРУКТУРЫ КРЕМНИЙ-НА-ИЗОЛЯТОРЕ (КНИ) – ОСНОВА СОВРЕМЕННОЙ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

А. Назаров, Т. Руденко, В. Лисенко
Інститут физики полупроводников им. В.Е. Лашкарёва НАН Украины
nazarov@lab15.kiev.ua

Технологии создания структур кремний-на-изоляторе (КНИ) начали активно развиваться с начала 80-х годов прошлого столетия и в настоящее время заняли лидирующую позицию в качестве подложек для создания сверхбольших интегральных схем (СБИС) таких, как микропроцессоры, КМОП динамическая и статическая память [1]. МДП полевые транзисторы и КМОП ИС изготовленные на базе КНИ структур обладают малыми токовыми утечками и малыми паразитными емкостями, что позволяет с их помощью реализовывать схемы с минимальной потребляемой мощностью, повышенным быстродействием, высокой защитой от импульсных помех, работающих при повышенных температурах (вплоть до 300°C) и высоких уровнях радиации. Всвязи с реализацией структур КНИ с супертонкими слоями кремния и внутреннего диэлектрика вплоть до 10 нм [2] возникает возможность создания на их базе полевых транзисторов с физической длиной канала порядка 10 нм и меньше, что в лабораторных условиях уже было реализовано компанией Intel в 2005 году. Использование структур КНИ при формировании нанопроволочных полевых транзисторов позволило предложить их упрощенное решение в виде безпереходных нанопроволочных КНИ приборов [3], которые решают ряд технологических и физических ограничений при реализации приборов со сверхмалыми длинами каналов.

В обзорном докладе будет представлен исторический экскурс развития технологии КНИ и полевых транзисторов на его основе. Особое внимание будет уделено физическим основам работы таких приборов и их развитие на современном этапе до многозатворных транзисторов (multigate MOSFETs), килевых транзисторов (FinFETs) и безпереходных нанопроволочных транзисторов (Junctionless NW MOSFETs), которые сейчас составляют базу современных микропроцессорных устройств, елементов памяти, высокочастотной логики и т.д.

[1] Colinge J.-P. Silicon-On-Insulator technology: Materials for VLSI. Boston/ Dobrecht/ London: Kluwer Academic Publisher. (2004). 366 p.
[2] Bourdelle K.K. Engineered Substrates for Advanced CMOS Technology Nodes and More-Than-Moore Applications. In: Functional Nanomaterials and Devices for Electronics, Sensors and Energy Harvesting. Ed. by A. Nazarov, F. Balestra, V. Kilchytska, D. Flandre. Cham/ Heidelberg/ New York/ Dobrecht/ London: Springer. (2014). 467 p.
[3] Colinge J.-P., Lee C.W., Akhavan N.D., ea. al. Junctionless transistor: Physics and properties. In: Semiconductor-On-Insulator materials for nanoelectronics applications. Ed. by A. Nazarov, J.-P. Colinge, F. Balestra, J.-P. Raskin, F. Gamiz, V.S. Lysenko. Heidelberg/ New York/ Dobrecht/ London: Springer. (2011). 447 p.

SILICON-ON-INSULATOR (SOI) STRUCTURES - THE BASIS OF MODERN NANOELECTRONICS

A. Nazarov, T. Rudenko, V. Lysenko
Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine
nazarov@lab15.kiev.ua

In the report a historical overview of the development of SOI technology and SOI based field-effect transistors are presented. Particular attention is paid to the physical fundamentals of these devices and their development at the present stage up to multigate MOSFETs, FinFETs and junctionless nanowire MOSFETs, which now form the basis of modern microprocessor devices, memory elements, high-frequency logic, etc.

APPROACHES OF HIGH-RESOLUTION MULTISPECTRAL DATA PREPARATION FOR DEEP NEURAL NETWORK PROCESSING

V. Zhernovyi, V. Hnatushenko
Oles Honchar Dnipro National University
vadim.zhernovoy@gmail.com

Nowadays satellite imagery is applied to solve thousands of problems in many fields of knowledge such as civil building, vegetation health monitoring, military decision making, etc. Satellite imagery are images of the surface of Earth or other planets obtained by government or commercial imaging satellite vehicles. Satellite imagery usually consists of the image metadata and complex high-resolution multispectral data. The Image metadata provides basic information regarding the conditions of the image gathering such as data, time, registration hardware parameters, angles, etc. The image data provides a lot of information for processing which is often accompanied with problems in certain cases – image resolution and dimensions in particular [1].

Today Deep Learning is one of the most popular approaches for solving tasks such as image classification, object detection, 3d reconstruction, etc. Deep learning is a narrowed part of machine learning. Many solutions are developed every month to solve mentioned problems for any fields of science and engineering. The reason for that is the undeniable success of machine learning in object detection tasks surpassing human performance. It is achieved by the development of deep learning concept and the development of software and hardware solutions targeting machine learning.

Featured deep neural network frameworks such as alexnet provide image classification results even superior to human eye. Alexnet is convolutional deep neural network that achieved a top-5 error of 15.3% and designed to provide better performance with extended hardware support as it was originally developed with CUDA. Alexnet consists of eight layers – the first five are convolutional, the other – fully connected. However, Alexnet is developed in 2012 and was the starting point to the large amount of improvements. Nowadays, a lot more powerful frameworks are developed such as MaskRCNN developed by Facebook FAIR

which is more flexible, more simple to meet wide range of tasks. This featured solution provides high-quality masks which is essential for tasks such as mapping. Furthermore it demonstrate better performance and provide a solid baseline for further research in the direction of image recognition and classification

However, the results demonstrated by all popular deep learning solutions, such as alexnet, VGGNet, GoogleNet [2] or even solutions based on Mask R-CNN, have all one common issue – the size of input image is limited to certain value. For example, for the input layer of VGGNet the size is set to 224x224x3. Such image resolution is chosen considering the mechanism of convolution and performance. Such size of the input layer is suitable for successful processing of small RGB images such as map fragments acquired using Google Driver API (640x640x3). The most implementations of featured deep neural networks implement a module to resize the image to the format that is suitable for the input layer of the net.

Speaking in context of satellite imagery where the resolution may achieve more than 8192 pixels per a dimension, such size of the input layer is not suitable for wide range of processing tasks. Simple resizing of satellite imagery will result in significant loss of information.

The problem becomes more remarkable considering the spatial resolution parameter. The better the technology of image acquisition – the smaller spatial resolution, the smaller spatial resolution – the less objects of the same type to be found on the image. Featured satellites provide image data with spatial resolution of 30cm per pixel. Considering the size of the input layer of the previously mentioned VGGNet framework, the spatial resolution of 224x224x3 image may be 224*0.3m=67.2m which virtually may not fit many cases for regions of interests (e.g. military base, airport, many big city objects, etc.)

Image tiling is a family of algorithms which is targeted to split the the image that is too large for certain tasks whether it is image display or reading the image in memory, etc. In satellite imagery where the single file can be over 10 gigabytes in size, tile-based image processing [3] is applied in many different cases.

The goal of current work is to develop and apply image tiling algorithms to improve classification results on high resolution multispectral spatial imagery using full potential of the spatial resolution and the power of featured deep neural network frameworks. Such solution is necessary firstly due to increasing rate of humanitarian crises. Natural disasters negatively affect people all over the world. The frequency and scale of disasters impacts map actuality a lot – maps become not accurate to often where disaster happened. In the perspective of satellite imagery, it is not often clear how to classify certain objects on the land. In few days before and after the occurrence of the disasters the value of fast-responding mapping system. Having the sequence of classified images, it would be possible to estimate damage. Nowadays the new maps are needed, especially for regions that are impacted by disasters frequently. Maps for that regions are drawn by hand by volunteers who participate in mapa-thons. They contribute to Open Street Map by drawing roads and building on satellite images.

[1] Multispectral Satellite Image Processing. https://www.sciencedirect.com /science/article/pii/B9781785481024500028
[2] Deep Learning for Image Recognition: why it’s challenging, where we’ve been, and what’s next. https://towardsdatascience.com/deep-learning-for-image-classification-why-its-challenging-where-we-ve-been-and-what-s-next-93b56948fcef
[3] Tile-based image processing. https://computer-vision-talks.com/tile-based-image-processing/

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ДЕТЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗА БАГАТОКАНАЛЬНИМИ КОСМІЧНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ

В. Гнатушенко [1,2], Є. Обиденний [1], Д. Гордіюк [2], А. Нікітенко [1]
[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
[2]*Національна металургійна академія України*
vvgnat@ukr.net

Складність детектування об'єктів сільськогосподарського призначення за космічними зображеннями значна, що визначає досить низький ступінь автоматизації вирішення цього завдання. При детектуванні сільськогосподарських полів однією з основних задач є визначення набору ознак, що відокремлюють використовувані сільськогосподарські поля від територій, зайнятих природною рослинністю. Використання сучасних ГІС-технологій дозволяє оцінювати точні розміри орних земель, динаміку скорочення сільськогосподарських земель і виведення їх з розряду сільгоспугідь, продуктивність орних земель, виявляти негативні ґрунтові процеси, проводити моніторинг надзвичайних ситуацій (пожежі, повені, заморозки).

Велика частина підходів до детектування об'єктів сільськогосподарського призначення передбачає використання таких вегетаційних індексів, як нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI – normalized differential vegetation index) і перпендикулярний вегетаційний індекс (Perpendicular vegetation index), а також залучення часових рядів даних дистанційного зондування минулих років на задану територію [1, 2]. Однією з переваг використання PVI є його незалежність від відбивних властивостей ґрунтового покриву і висока чутливість до обсягу зеленої біомаси рослинності.

У роботі розроблено інформаційну технологію детектування об'єктів сільськогосподарського призначення за багатоканальними фотограмметричними зображеннями, що на відміну від існуючих підходів дозволяє врахувати геометричні, топологічні, метричні і спектральні характеристики досліджуваного об'єкта та підвищити точність детектування. Ефективність запропонованих алгоритмів і програмного забезпечення підтверджена вирішенням завдання визначення місця (границь) розташування об'єктів сільськогосподарського призначення на різночасових знімках, отриманих різними сенсорами при варіаціях умов навколишнього середовища.

[1] Алгоритмы анализа данных спутниковых наблюдений TERRA-MODIS для мониторинга сельскохозяйственных земель / И.А. Нейштадт, С.А. Барталев, Д.М. Ершов, Е.А. Лупян, И.Ю. Савин // Геоинформатика. – 2004. – М.: МИИГАиК, 2004. – С. 205–209.
[2] Чандра, А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.

INFORMATION TECHNOLOGY OF AGRICULTURAL OBJECTS DETECTION BY MULTICHANNEL SATELLITE IMAGERY

V. Hnatushenko [1,2], Ye. Obydennyi [1], D. Hordiiuk [2], A. Nikitenko [1]
[1]*Oles Honchar Dnipro National University*
[2]*National Metallurgic Academy of Ukraine*
vvgnat@ukr.net

The paper developed the information technology for detecting agricultural objects on multichannel photogrammetric images, in contrast to existing approaches, allows to take into account the geometric, topological and spectral characteristics of the object and to improve the detection accuracy.

ЗГОРТКОВА ШТУЧНА НЕЙРОННА МЕРЕЖА ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ОБЛИЧ

С. Баловсяк [1], Б. Козловська [1], О. Пшеничний [1], Г. Савчук-Баловсяк [2]
[1] *Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*
[2] *Вище професійне училище №3, Чернівці*
s.balovsyak@chnu.edu.ua

Розпізнавання зображень облич є важливою задачею комп'ютерного зору, яка має широку сферу застосування: у системах відеонагляду, для автоматичного пошуку фотографій та ін. [1]. При розпізнаванні обличчя широке розповсюдження набуло використання штучних нейронних мереж (ШНМ). Зображення облич мають значний розмір, через що використаннях повнозв'язних ШНМ для їх розпізнавання вимагає надто багато обчислювальних ресурсів. В той же час згорткові нейронні мережі (ЗНМ) володіють високою швидкодією, що дозволяє навчати їх на основі реальних зображень облич [1]. Тому в даній роботі запропоновано виконувати розпізнавання зображень облич з використанням ЗШМ та з врахуванням особливостей даного типу зображень. Запропонована ЗНМ програмно реалізована в системі MATLAB [2].

Згідно з структурою розробленої ЗНМ (рис. 1) вхідним сигналом є цифрове зображення $f = (f(i, k))$, де $i = 1, ..., M$, $k = 1, ..., N$; M, N – розміри зображення. Зображення f (рис. 2а) обробляється у відтінках сірого (яскравість f нормується до 1). ЗНМ містить (L_F - 1) згорткових (convolution) шарів і (L_F - 2) шарів підвибірки (subsampling), а також повнозв'язний шар з номером L_F (наприклад, $L_F = 7$). На виході повноз'язного шару формується вихідний вектор Y і виконується розпізнавання обличчя. Кожен згортковий шар з номером L містить $Q(L)$ карт розміром $M(L) \times N(L)$ елементів, а значення його елементів зберігаються в масиві $c\,(L, q, i_1, k_1)$, де $q = 1,..., Q(L)$, $i_1 = 1,..., M(L)$, $k_1 = 1,.., N(L)$. Значення згорткового шару обчислюються в результаті згортки попереднього шару з ядром згортки $w(L)$ розміром $M_w(L) \times N_w(L)$ елементів.

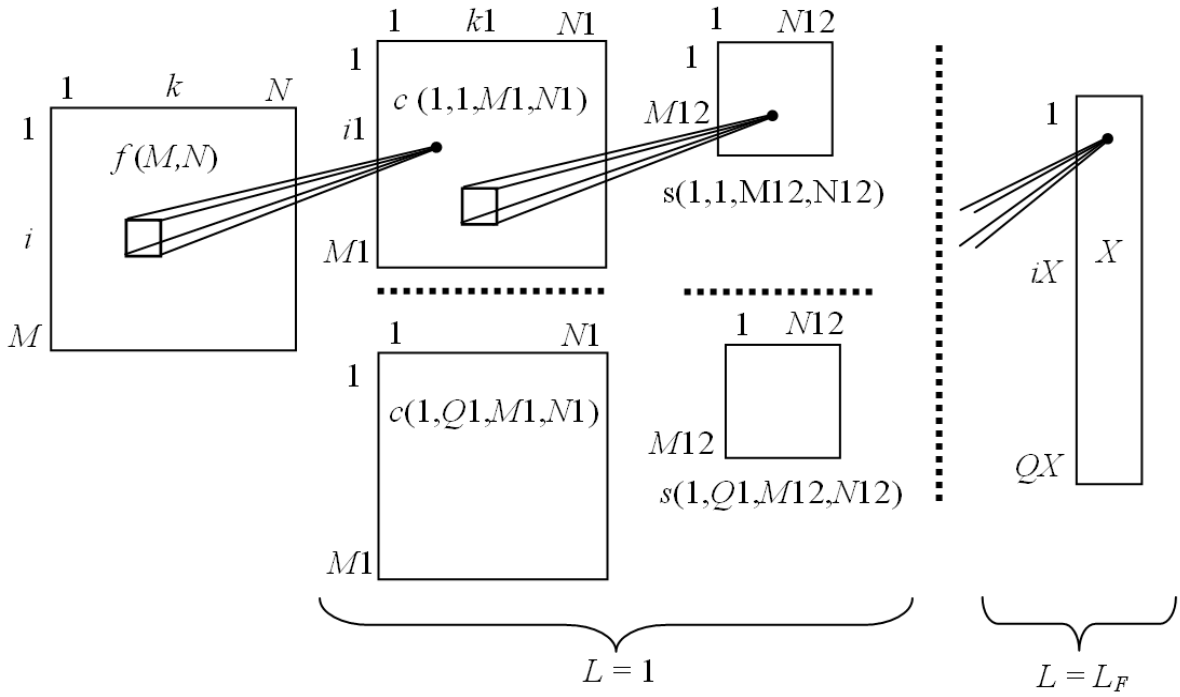
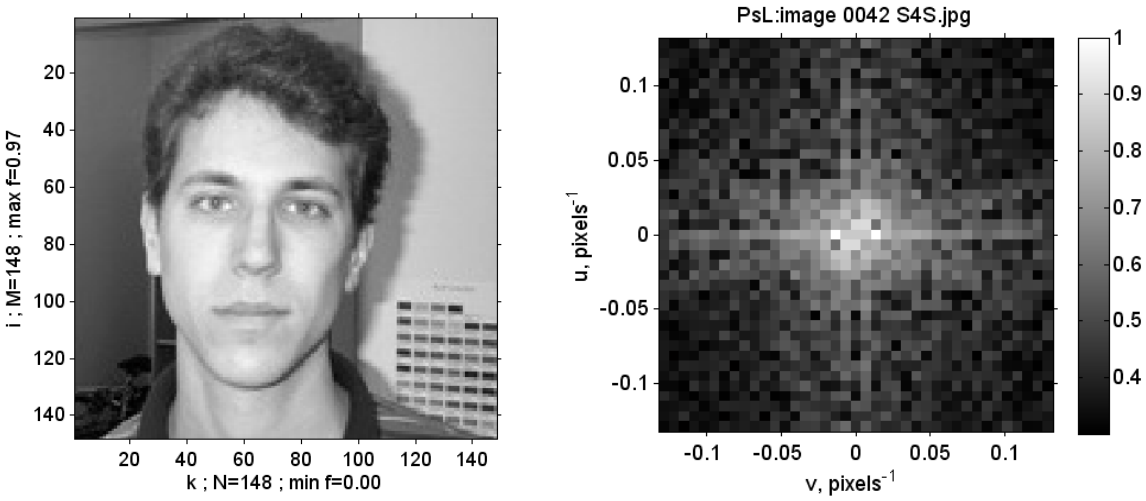


Рис. 1. Структура L_F шарів згорткової нейронної мережі



а) б)

Рис. 2. Початкове зображення *f* (а) та центральний фрагмент його енергетичного спектру (б); *u, v* – просторові частоти зображення

Шар підвибірки з номером L містить $Q(L)$ карт розміром $M_2(L) \times N_2(L)$ елементів, а значення його елементів зберігаються в масиві $s\,(L, q, i_1, k_1)$, де $q = 1,..., Q(L)$, $i_2 = 1,..., M_2(L)$, $k_2 = 1,.., N_2(L)$. На входи повнозв'язного шару з номером L_F подається вектор $X(i_X)$, де $i_X = 1,..., Q_X$. Навчання ЗНМ виконується методом зворотного поширення помилки. Для підвищення швидкості навчання ЗНМ як вхідні сигнали використано не самі зображення f, а їх енергетичні спектри Фур'є P_S в логарифмічному масштабі (нормовані до 1), оскільки спектри P_S не чутливі до зміщень об'єктів на зображеннях (рис. 2б). В результаті використання спектрів досягнуто збільшення швидкості навчання ЗНМ на 30% (на прикладі зображень бази [3]).

Використання ЗНМ є високоточним методом розпізнавання зображень облич, а завдяки використанню спектрів зображень зменшено час навчання нейромережі.

[1] Форсайт Д., Понс Ж. Компьютеное зрение. Современный подход. М.: Вильямс (2004). 928 с.
[2] Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М. : Техносфера (2006). 616 с.
[3] Computational Vision Group. Faces_510 Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.vision.caltech.edu/html-files/archive.html.

CONVOLUTIONAL ARTIFICIAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION OF FACE IMAGES

S. Balovsyak, B. Kozlovska, O. Pshenychnyi, H. Savchuk-Balovsyak
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
Higher Vocational School №3, Chernivtsi
s.balovsyak@chnu.edu.ua

A convolutional neural network (CNN) to recognize face images using Fourier power spectra of images is developed. The proposed CNN is software implemented in the MATLAB system. Digital initial images in shades of gray to the CNN inputs are acquired. The CNN convolution and subsampling layers are contains, as well as a full-connected layer. At output of the full-connected layer the source vector Y is formed and the face is recognized. As a result of use of image power spectra, an increase in the rate of CNN learning was achieved.

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ АВТЕНТИЧНОСТІ

О. Андріянов, А. Ломакін
Одеський національний політехнічний університет,
alva14nn@gmail.com, antoxalanio@gmail.com

На даний момент існує проблема в ідентифікації оригінальних фотознімків і знаходження створених з них копій, через те, що коли зображення з'являється у відкритому доступі в мережі Інтернет, користувачі можуть використовувати їх у своїх цілях і обробляти дане зображення будь-якими способами і інструментами (обрізати вподобану частину, накласти фільтри, змінити колірну гамму тощо). Після подібних обробок можливість знайти схожість між оригінальним зображенням і копією досить не просто. Також в даний час існує обмежена кількість програмного забезпечення, яке виконує захист призначених для користувача зображень і можна сказати, що навіть ті програми які є в підсумку виявляються або дуже специфічними, або прив'язаними до одного бренду. Крім того виявляється їх нестабільна робота та іноді і помилки при виконанні операцій, або ж недостатній захист інформації користувача.

Метою роботи є дослідження існуючих алгоритмів і методів обробки і порівняння зображень та розробка елементів інформаційної системи, яка дозволяє комплексно аналізувати представлені користувачем зображення на автентичність.

Потрібно зазначити, що розробка призначена для обробки авторських фотознімків, що здебільше представлені растровою графікою, тому і інформаційна система містить алгоритми і методи порівняння саме растрових зображень.

В даний час існує безліч методів, які забезпечують аналіз зображень, зокрема один із найперших, але і досі актуальних, є метод гістограми напрямлених градієнтів (Histogram of Oriented Gradient або HOG). Основна ідея алгоритму полягає в тому, що зображення може бути описано розподілом градієнтів інтенсивності або напрямків країв. Як правило, побудова цих описів відбувається шляхом розбиття зображення на клітини і присвоєння кожній клітині гістограми напрямків градієнтів для пікселів всередині клітині. Їх комбінація складає дескриптор. З метою збільшення точності зображення, яке обробляється, його роблять чорно-білим, а локальні гістограми нормалізують за контрастом з використанням міри інтенсивності, що обчислюється на більшому фрагменті зображення. Нормалізація по контрасту дозволяє отримати більшу інваріантність дескрипторів до освітлення. Кінцевим етапом застосування методу в оригінальній роботі, що представляє цей метод, є класифікація дескрипторів за допомогою системи навчання з учителем, зокрема, використовувався метод опорних векторів. Незважаючи на те, що даний метод був представлений в 2005 році, він до тепер застосовується для вирішення різних завдань і має безліч актуальних модифікацій [1].

Також існують перцептивні геш-алгоритми, які описують клас функцій для генерації порівнянних гешів. Характеристики зображення використовуються для генерації індивідуального (але не унікального) відбитка, і ці відбитки можна порівнювати один з одним. Алгоритми обчислення перцептивного геша мають однакові базові властивості: зображення можна змінювати в розмірі, співвідношенні сторін, але вони все одно збігаються по гешу. У зображеннях високі частоти забезпечують деталізацію, а низькі частоти показують структуру. Велика, деталізована фотографія містить багато високих частот. Найшвидший спосіб позбутися високих частот - зменшити зображення. Для порівняння різних гешів, підраховується кількість різних

бітів (відстань Хеммінга). Нульова відстань означає, що це, швидше за все, однакові зображення (або варіації одного зображення). Дистанція 5 означає, що зображення в чомусь відрізняються, але в цілому все одно досить близькі один до одного. Якщо дистанція 10 або більше, то це, ймовірно, зовсім різні зображення.

Порівняння перцептивних гешів досить продуктивне, але в деяких випадках недостатньо ефективне оскільки не враховує колірну гаму і наявність на зображенні об'єктів, що становлять в деяких випадках основну інформацію, яку містить це зображення. Важливість для людини колірного сприйняття зображення пояснює значення методів пошуку візуальної інформації на підставі схожості із зразком за кольоровими характеристиками. Можливо також використання таких показників, як середній або основний кольори, а також безлічі кольорів; ці характеристики має сенс використовувати для локального порівняння областей зображення [2].

Проаналізувавши існуючі методи, було вирішено застосувати комплексний підхід до створення програмного забезпечення, яке дозволить користувачеві самому обирати найзручніший метод для обробки власних зображень, і у будь-який час змінювати, або застосовувати декілька засобів для порівняння, щоб мати змогу виявити плагіат. Виходячи із цих міркувань, було створено програмне забезпечення, яке дозволяє застосувати комплексні методи і алгоритми для порівняння зображень, щоб у підсумку мати впевненість у тому, що користувач знайде для себе найкорисніше застосування даного програмного забезпечення.

Висновки. Досліджено алгоритми обробки та порівняння зображень. Обрано і реалізовано комплекс методів для забезпечення продуктивності отриманого програмного забезпечення, даючи змогу користувачу обирати оптимальний для нього підхід. Для реалізації програми було використано мову програмування Java.

[1] Mariana-Eugenia Ilas, Constantin Ilas. A New Method of Histogram Computation for Efficient Implementation of the HOG Algorithm. *Computers* 2018, *7*(1), 18 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://doi.org/10.3390/computers7010018

[2] Hongxia Wang and Bangxu Yin. Perceptual Hashing-Based Robust Image Authentication Scheme for Wireless Multimedia Sensor Networks. International Journal of Distributed Sensor Networks. Vol. 9, No. 4, January — March 2013 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://journals.sagepub.com/doi/10.1155/2013/791814

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION IMAGE PROCESSING SYSTEM FOR DETERMINING THEIR AUTHENTICITY

O. Andriianov, A. Lomakin
Odessa National Polytechnic University
alva14nn@gmail.com, antoxalanio@gmail.com

The article deals with the analyze of methods and algorithms for image processing and comparison. The information system was created which contains the best practices of image processing.

The most useful methods were presented and analyzed. Most useful were included in the project as the helpful parts for the solving problem of image comparison. As conclusion were proposed the software which solve the stolen images problem.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЛІНІЙНИХ СТРУКТУР НА ЗОБРАЖЕННЯХ

О. Прокопчук, С. Вовк
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
neues.system@ukr.net

Складність і різноманітність візуальної інформації, яка обробляється комп'ютерними засобами, сприяє активному розвитку методів комп'ютерного зору. Важливою частиною комп'ютерного зору є підходи до аналізу і розуміння структурних моделей зображень. Визначення структурної моделі передбачає опис і представлення зображення певної сцени через множину елементів заданих типів та встановлених між ними набором взаємозв'язків. Така модель стає початковими даними для роботи автономних систем та систем прийняття рішень в різних галузях людської діяльності. Одним з основних етапів опису структурної моделі є визначення базових елементів, що входять до складу зображення сцени. Такі елементии можуть бути описані через особливі точки, прямі лінії, криві лінії, прості чи складні геометричні фігури (прямокутник, коло тощо). Точність детектування на зображеннях прямих ліній та відрізків часто є критичною, оскільки лінійні структури та геометричні фігури, що описуються з їх допомогою, переважають в широкому класі завдань обробки зображень (супутникові знімки, міська забудова тощо) [1]. Метою даної роботи є опис методу підвищення ефективності виявлення лінійних структур на зображеннях.

Широкопоширеним способом детектування прямих на зображенні є застосування перетворення Хафа для пошуку параметрично заданих кривих в двовимірному просторі. Для цього пряма задається параметрами R і θ, де R – довжина перпендикуляра, опущеного на пряму лінію з початку системи координат, θ – кут між перпендикуляром R та віссю OX. Сукупність значень R і θ утворює фазовий простір. В стандартному вигляді перетворення Хафа передбачає використання монохромного (бінарного) зображення, яке містить результати виділення границь. Через кожну точку (x, y) такого зображення можна провести декілька прямих з різним значенням R і θ. Кожній точці фазового простору відповідає низка точок на зображенні, які утворюють пряму. Опитування пікселів вхідного бінарного зображення дозволяє обчислити їх приналежність до набору прямих у фазовому просторі параметрів шляхом інкременту значень відповідних комірок та пошуку максимумів. Ряд модифікацій даного перетворення, наприклад, ймовірнісне перетворення Хафа чи випадкове перетворення Хафа, дозволяють прискорити цей процес. Слід зазначити, що на ефективність виявлення лінійних структур у цьому випадку впливає початковий вибір розмірності комірок дискретного фазового простору. У деяких випадках завеликий розмір комірок призводить до голосування за параметри для розрізненого набору точок, а занадто малий - до відкидання прямих через розподіл голосів між близькими комірками [1] [2].

Для розв'язання поставленого завдання засобами Image Processing Toolbox пакету MATLAB було розроблено інструмент для підвищення ефективності розпізнавання лінійних структур на зображеннях з використанням перетворення Хафа. З метою зменшення негативного впливу розмірності фазового простору на кінцевий результат, вхідне бінарне зображення границь, отримане за допомогою оператора Собеля, проходить початкову обробку морфологічною операцією дилатації для усунення розривів та можливості групування значущих пікселів [3]. Після цього виконується маркування зв'язних областей пікселів. Далі для кожної області приймається рішення про можливість наявності лінійних структур та доцільність

подальшої обробки на основі оцінки зайнятої площі та кількості інформативних пікселів. Безпосередньо перетворення Хафа застосовується лише для окремих груп інформативних пікселів з голосуванням у відповідній частині фазового простору. Пошук локальних максимумів для визначення параметрів ліній також виконується лише у частині фазового простору.

В якості демострації ефективності детектування лінійних структур було виконано порівняння стандартної реалізації перетворення Хафа в пакеті MATLAB та запропонованого методу на однаковому зображенні книги поруч зі складнотекстурованим об'єктом. На рис.1 наведено приклад результату роботи стандартної реалізації, де наявні хибно виявлені лінії через вплив складнотекстурованих областей. На рис.2 зображено результати роботи запропонованого методу з виявленими лінійними структурами (границями книги) для окремих об'єктів та прямими, що їх описують.

Рис. 1. Стандартний метод (MATLAB)

Рис. 2. Запропонований метод

Таким чином, запропонований метод дозволяє підвищити ефективність виявлення лінійних структур на зображенні, зменшивши вплив негативних факторів.

[1] Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход. М.:Издательский дом «Вильямс». (2004). 928 с.
[2] Davies E.R. Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities. Academic Press, 4-th Edition. New York. (2012). 912p.
[3] С.М. Вовк, В.В. Гнатушенко, М.В. Бондаренко. Методи обробки зображень та комп`ютерний зір: навчальний посібник. Д.:Ліра. (2016). 148 с.

INCREASING THE EFFICIENCY OF LINEAR STRUCTURES DETECTION ON IMAGES

O. Prokopchuk, S. Vovk
Oles Honchar Dnipro National University
neues.system@ukr.net

The method of increasing the efficiency of linear structures detection on images is proposed. It uses the pre-processing technique by means morphologic methods and labeling connected components for the Hough method. The obtained results show its efficiency.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ НЕБЕЗПЕКИ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖ

С. Антоненко, Т. Булана, Б. Молодець
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
bogdan.molodets@gmail.com

Глобальні процеси зміни клімату та стрімкий розвиток цивілізації призвели до значного підсилення кризових явищ як стихійної природи, так і технічного характеру. Організація Об'єднаних Націй навіть ввела поняття «цикл розвитку надзвичайної ситуації», в якому окреме місце відводиться етапу підготовки: аналізу ризику та ранньому попередженню катастрофи.

В математичному сенсі ризик розглядається як функція вірогідності наступу несприятливої ситуації та обумовленими нею збитків. Математичний апарат аналізу та оцінки ризику включає прогнозне моделювання та сценарний аналіз, а також побудова вірогідностних оцінок

На жаль, це питання також стосується України, що на сьогодні не існує жодного електронного централізованого ресурсу, який щорічно збирає інформацію по усім пожежам.

Для вирішення данної задачи було побудовано наступну математичну модель: t_i – день з часового даного проміжку; x_i – пожежі які відбулися в момент часу t_i в вибраному штаті.

Для прогнозування були використані наступні моделі: AR, MA, ARIMA.

Авторегресійне інтегроване ковзне середнє (autoregressive integrated moving average, ARIMA) є узагальненням моделі авторегресійного ковзного середнього (ARMA). У загальному вигляді модель ARMA (p, q), де p - порядок авторегресії, q - порядок змінного середнього, виглядає наступним чином:

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \ldots + \alpha_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 y_{t-1} + \ldots + \theta_q y_{t-q}$$

Якщо процес виявляється нестаціонарним і для приведення його до стаціонарного виду треба було взяти кілька різниць, то модель стає ARIMA (p, d, q), де d - порядок різниці.

До очевидних переваг можна віднести те, що ці моделі мають дуже чітке математико-статистичне обґрунтування, що робить їх одними з найбільш науково обґрунтованих моделей з усієї безлічі моделей прогнозування тенденцій у тимчасових рядах.

Також перевагою є формалізована і детально розроблена методика, слідуючи якій можна підібрати модель, найбільш підходящу до кожного конкретного часового ряду. Процедура перевірки моделі на адекватність досить проста, а розроблені методики з автоматичного підбору найкращої ARIMA полегшують роботу прогнозиста. Крім того, точкові і інтервальні прогнози випливають з самої моделі і не вимагають окремого оцінювання.

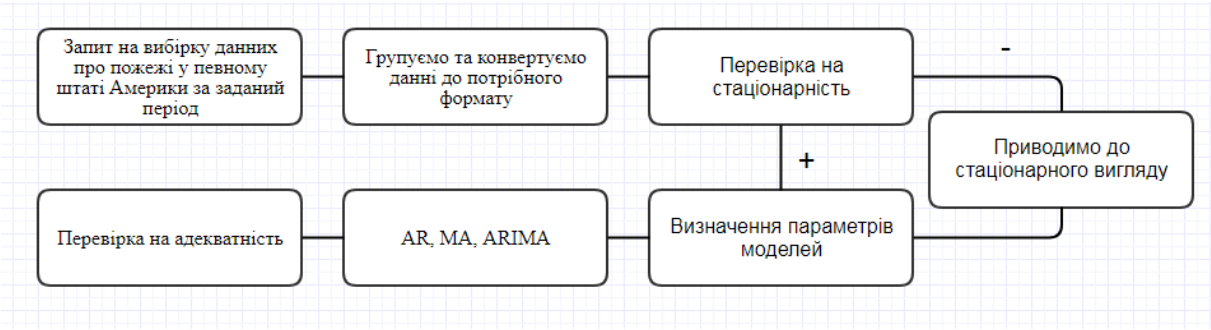
Програмне забезпечення, яке прогнозує ризики виникнення пожеж було написано на мові програмування Python . Для спрощення формул розрахунку була використані наступні пакети: Numpy; Pandas; Statsmodel API.

Для роботи з базою даних було використано Sqlite3. Дати початку пожеж зберігались у григоріанському форматі, тому для конвертації дат було використано datetime та jdcal.Відображення графіків виконано за допомогою пакету Matplotlib.

Алгоритм роботи програми:

1. Запускаємо головний файл командою «python main.py».

2. Програма виконує запит до БД, на вибірку, яка буде потрібна для подальшого прогнозування пожежі (наприклад пожежі штату Каліфорнії групи D,E,F,G (зона ураження пожежею становить вище 99.9 акрів землі), періодом з 1992 по 2005 роки).
3. Отриманні данні групуються наступним чином: «згрупувати всі пожежі конкретного штату за кожен окремий день».
4. Робимо перетворення вхідних даних до виду, який описаний в нашій математичній моделі.
5. Робимо перевірку на стаціонарність: візульним методом та розширеним тестом Дікі-Фуллера.
6. Приводимо данні до стаціонарного виду – позбавляємось сезонності.
7. Проводимо повторну перевірку на стаціонарність.
8. Тестуємо всі моделі (AR, MA, ARIMA).
9. Будуємо графіки усіх моделей, виводимо середньоквадратичні помилки. Порівнюємо очікувані та прогнозовані значення.



Блок-схема роботи програми

Було розроблено геоінформаційну систему, яка прогнозує ризик виникнення пожежі на певній території, спираючись на вхідні данні, та зробити аналіз результатів роботи моделей.

Дана робота буде цікава для державних структур, яка буде надавати можливість їм рівномірно розподілити сили МНС, також буде актуальна для страхових компаній, які страхують нерухомість, щоб автоматизувати відображення можливого ризику.

AUTOMATED SYSTEM FOR FORECASTING THE DANGER OF FIRE

S. Antonenko, T. Bulanaya, B. Molodets
Oles Honchar Dnipro National University
bogdan.molodets@gmail.com

The geographic information system (GIS) that forecasts the risk of wildfire incident on certain territory was developed, leaning on an entrance data. Also was analysis of job of models performances.

This work will be interesting for state structures, that will give them an opportunity to distribute forces of MEM MEASURES. Also it will be actual for insurance companies that insure the immovables, to automatize the reflection of possible risks.

ПРО ПРОБЛЕМИ ВИКОНАННЯ КОМАНДНИХ ПРОЕКТІВ З РОЗРОБКИ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ В СТУДЕНТСЬКИХ ГРУПАХ

В. Долгов, К. Канівець
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара
valeriy.dolgov@i.ua, ekaterinakanivets@ukr.net

Дослідження, про яке йде мова у доповіді, ґрунтується на результатах навчальної роботи з дисципліни «Технологія створення програмних продуктів», що викладається студентам напряму «Комп'ютерні науки та информаційні технології» (шифр спеціальності *122*) . Практична частина дисципліни полягає в написанні курсового проекту, який протягом багатьох років виконувався і захищався студентами одноосібно.

Останнім часом у царині розробки програмного забезпечення все більше уваги приділяється Agile-технологіям, які передбачають командну роботу невеликих колективів. Досвід такої навчальної роботи в студентських свідчить про наявність цілої низки проблем, пов'язаних як з формуванням команд розробників, так і з налагодженням ритмічної їх роботи. Використання теорії «ролей в команді» Р. Белбіна, здається, недостатньо для ефективної роботи команди. З цієї причини було суттєво збільшено кількість тестів, які проходять студенти під час формування команд. Зараз їх перелік виглядає таким чином:

- тест Белбіна,
- 16-параметровий тест Кеттела,
- тест Айзенка,
- тест на відповідальність [1].

В доповіді наголошується на особливому впливі на діяльність команд, які працю-ють за фреймворком Scrum, тих показників тестів, які відповідають за здібність коман-ди до самоорганізації. Scrum-команди повинні бути здатними до самоорганізації та крос-функціональними Якщо питання про крос-функціональність вирішується « в межах навчального плану», то до самоорганізації здібні тільки люди, які мають відповідні якості. Серед них важливе місце займає відповідальність. В табл.1 наведені показники відповідальності у спенах відповіно теста [1].

Таблиця 1

ПОКАЗНИК	*ПР*	*СС*	*НОРМ*	*ЕТ*	*СП*	*ЗАГ*
Среднее	6,61	5,46	5,64	6,50	7,86	32,07
Стандартное отклонение	1,87	1,67	3,30	1,45	1,63	4,90
Дисперсия выборки	3,51	2,78	10,90	2,11	2,65	23,99
Интервал	8	8	9	6	7	18
Минимум	2	1	1	4	3	22
Максимум	10	9	10	10	10	40

Тест дозволяє оцінити загальний показник відповідальності (ЗАГ) та джерела його походження: ПР-принциповість. СС-самоствердження, НОРМ-нормативність, ЕТ-етичність, СП-самопожертвування.

В доповіді викладаються результати дослідження залежності згоряння (burndown) від відповідальності команди на реальних даних.

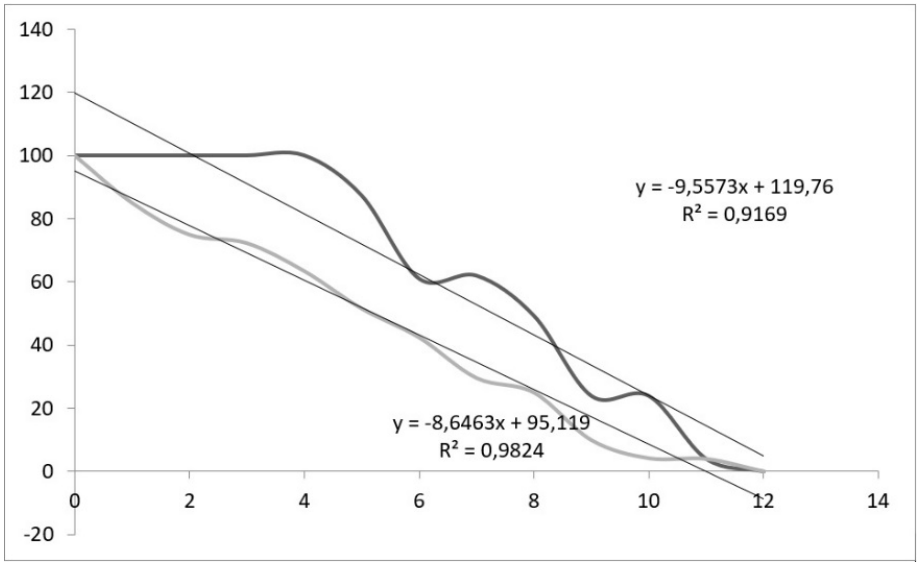


Рис. 1. Темп згоряння для команд з різною відповідальністю

Burndown-графік є основним інструментом Scrum для відстеження прогресу ітерації (а при бажанні і всього проекту).: Вісь X показує дні в спринті (ітерації), вісь Y показує кількість роботи, що залишилась (у чому б ви її не вимірювали: пункти (Story Points), години, дні або навіть просто кількість завдань). Ідеальна лінія показує очікуваний прогрес Реальна лінія показує реальний прогрес і кількість роботи, що залишилася. На рис.1 наведено графіки burndown реальних курсових проектів, які виконувались протягом 12 тижнів за 6 спринтів командами з показниками відповідальності 37 (нижня крива) та 32. Досить зручною характеристикою процесу може бути коефіцієнт детермінації відносно бажаного лінійного тренду. Він зменшується .зі зменшенням показника відповідальності. Так при значенні середнього показника відповідальності до 27 коефіцієнт детермінації склав 0,75. Ця група почала активно працювати тільки при наближенні до deadline.

Темп отримання подібних результатів дуже повільний, він диктується навчальними планами. Тому корисним буде поширення командного підхода на інші спеціальності, пов’язані з програмною і компьютерною інженерією, і не тільки.

[1] Опросник диагностики личностного симптомокомплекса ответственности [Електроннний ресурс]. Режим доступу: dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/3700.

PROBLEMS OF IMPLEMENTATION TEAM PROJECTS FOR DEVELOPMENT OF PRODUCTS IN STUDENT GROUPS

V. Dolgov, K. Kanivets
Oles Honchar Dnipro National University
valeriy.dolgov@i.ua, ekaterinakanivets@ukr.net

The introduction of technology for team development of software products using the Scrum framework in student groups poses a number of difficulties related to the formation of teams and the establishment of their rhythmic work. The report addresses the issue of the influence of team members on the burndown schedule of development on real data obtained during the course projects. The baseline data were obtained using the tests of Belbin, Kettel, Eisenck, and the Personal Symptom Responsibility Diagnosis Questionnaire.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ В 3D-ПАКЕТАХ КОМПАНІЇ AUTODESK

В. Спірінцев, Д. Тесленко
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
v.spirintsev@gmail.com, burgalhashem@gmail.com

В багатьох сучасних програмних системах моделювання та анімації присутня можливість пришвидшення рутинних задач завдяки використанню вбудованих засобів автоматизації роботи. Найчастіше такими засобами є вже існуючі мови програмування, код на яких компілюється та виконується в операційній системі як звичайна окрема програма, або ж вбудовані скриптові мови, код яких інтерпретується за кожним окремим рядком.

Одним з потужних постачальників програмного забезпечення для цивільного і промислового будування та машинобудування є компанія Autodesk, яка розробляє низку поширених та відомих продуктів проектування та моделювання, серед яких: 3d Studio Max, Maya, AutoCAD. Кожен з цих продуктів окрім підтримки загальних мов програмування (VB.NET, C++,C# та ін.) має вбудовані власні засоби автоматизації роботи: MAXScript, MEL, AutoLisp для кожного з них, відповідно. Проведемо порівняльний аналіз цих засобів та огляд найбільш вдалих областей застосування.

Мова AutoLISP розроблювалась в 90х роках минулого сторіччя та є діалектом мови LISP. Порівняно з двома іншими мовами (MAXScript, MEL) вона є більш складною для застосування через успадкування сталого синтаксису своєї мови-пращура, крім того, після модернізації ядра інтерпретатора VisualLISP в 1997 році, його підтримка є неповною у сучасних системах автоматизованого проектування. Як і AutoLISP, MEL та MAXScript є мовами інтерпретаторами, тобто виконуються по одному рядку окремою програмою-інтерпретатором, а не операційною системою. При цьому, вбудована мова AutoLISP має спрощену міні-мову інтерфейсів та обмежену можливість створення інструментарію і нових функцій для моделювання. Тому, інші дві мови є більш гнучкими засобами для спеціалізованих задач автоматизації процесів проектування. Слід зазначити, що середовище Maya є більш прийнятним для створення ігрових сцен, анімації, динамічних систем та графіки руху. Тому, для безпосередньо проектування та моделювання більш адаптованим є система 3d Studio Max, яка підтримує свою скриптову мову - MAXScript.

MAXScript має більш ніж 70 вбудованих функцій та 600 з лишком стандартних команд. Це інтерпретована мова, тому час виконання на ній є більшим, ніж у компільованих мовах. Проте, через те, що синтаксис MAXScript є стандартним для програми, використання її є виправданим. На рис.1 наведено схему відпрацювання інтерпретованого програмного коду, порівняно з компільованим. Інтерфейс і панелі інструментів середовища формуються так само через виконання скриптів. Тому, при правильному використанні, ми маємо можливість створювати повноцінні доповнення до програми 3d Max. Крім того - навіть змінювати готові функції та інструменти для своїх спеціалізованих потреб. Мова має розвинуту підтримку створення власних сувоїв у вікні Utilities, діалогових вікон та стандартизованих елементів управління. Щоправда не всі дії можна таким чином спостерігати, проте – задавати такі дії командами можна майже без обмежень, чого не дозволяють засоби автоматизації AutoCAD, та не в такому масштабі підтримують правила написання скриптів в Maya. Тому на практиці для задіяння автоматизованого моделювання типових задач, що мають властивість часто

бути повторюваними з незначними змінами або навіть і без них, MAXScript є більш привабливим. При цьому, річ йде не тільки про пришвидшення роботи в середовищі, як, наприклад, створення скрипту, який ініціалізує рендер для сцени, створює відповідну директорію та встановлює потрібні налаштування обчислень (дії, які повторюються при кожному рендері), а про цілком готові власні інструменти моделювання з графічним інтерфейсом.

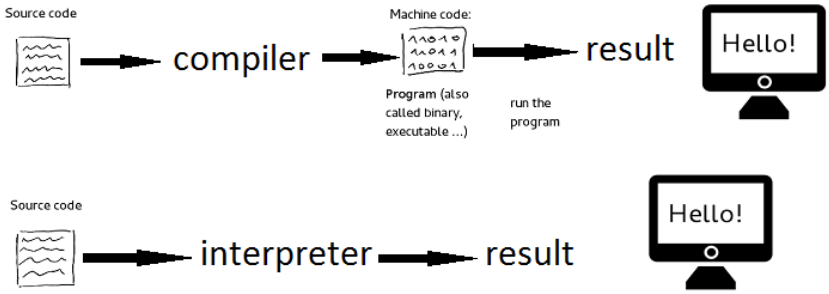


Рис. 1. Загальна схема роботи компільованого та інтерпретованого коду

Прикладом подібного застосування MAXScript може бути створення моделей ходових деталей, що мають спільні характеристики поверхонь, відмінності між якими можуть бути чітко параметризованими. Такими моделями можуть бути вузли, окремі запчастини механізмів. Це може на практиці значно підвищувати швидкість роботи з множиною однотипних моделей, не проектуючи їх, або навіть не редагуючи зразкові приклади. Для побудови таких об`єктів, при написанні відповідного скриптового супроводження, буде достатньо ввести кілька значень параметрів в поля вікна або прокрутити коефіцієнти моделі в лічильниках. Застосуванням такого розширення програми може бути проектування типових геометричних моделей підшипників, валів, маховиків, патрубків, свердл та ін. Такі моделі відрізняються, загалом, просторовими габаритами, діаметрами отворів та циліндричних частин, наявністю прорізів, фасок, пазів, якщо не враховувати принципово різні типи, наприклад свердл чи підшипників.

Висновки. В роботі були розглянуті вбудовані засоби проектування тривимірних моделей (MAXScript, MEL, AutoLisp) в середовищах 3d Studio Max, Maya, AutoCAD. Основна увага була приділена мові MAXScript для автоматизації моделювання типових запчастин механізмів, робочих частин приладів та установок, що має для цього розвинутий синтаксис, потужну інтерфейсну підтримку та є більш гнучкою для подібних задач порівняно з іншими розглянутими мовами.

[1] Основы MaxScript/ Учебный курс от Autodesk/ Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс" 2006. -256с.
[2] Проектирование и САПР систем автоматизации /Якубовская Е.С./ - Минск: БГАТУ, 2009 г., 257 стр.

AUTOMATION MODELLING AND DESIGN PROCESS IN 3D-PACKAGES BY AUTODESK COMPANY

V.Spirintsev, D.Teslenko
Oles Honchar Dnipro National University
v.spirintsev@gmail.com, burgalhashem@gmail.com

In thesis most popular embedded languages in 3D-packages by Autodesk company were considered. The main features and benefits of automation tools in modeling and visualization environments were highlighted.

ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ПЛАНУВАННЯ ТА ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМІЗАЦІЇ D-EFFICIENT

В. Малкіна, А. Мозговенко
Таврійський державний агротехнологічний університет
andrewmozg@gmail.com

Планування експерименту – цілеспрямоване управління експериментом, що реалізовується в умовах неповного знання механізму досліджуваного явища. Ефективний експериментальний план є найсуттєвішим елементом наукового пошуку, бо дає можливість експериментатору оцінити сформульовану ним первинну гіпотезу шляхом забезпечення умов для визначення функціонального зв'язку між явищами, що вивчаються. Таким чином актуальною є проблема побудови такого плану експериментальних досліджень, який забезпечить найбільш точну і повну модель та дозволить визначити оптимальні параметри об’єкту дослідження. Побудова матриці планування, яка забезпечує високий рівень ефективності експериментальних досліджень - найважливіший етап досліджень. Тому виникає необхідність створення програмного модуля для надання користувачу можливостей автоматизованої побудови ефективного плану експерименту та обробки його результатів.

Існує багато спеціальних пакетів та програм, які дозволяють проводити побудову та обробку планів експерименту, орієнтовані, в першу чергу, на безпосередню побудову повних факторних та дробових планів, їх обробку і детальний аналіз. До них відносяться SAS, Statistica, Mathcad, Axum7, Simulink та інші. Перевагою такого програмного забезпечення є їх потужність – більшість завдань, пов'язаних з плануванням експериментів, можна вирішити, використовуючи вбудовані в них інструменти та модулі. Проте, ці програми мають високу вартість ліцензії і підвищені системні вимоги до комп'ютерів, на які вони встановлюються.

Для оцінки оптимальності плану експерименту пропонується використовувати критерій D-efficient. Цей критерій мінімізує очікувану помилку передбачення функції відгуку. Значення критерія D-efficient не може бути більше 1, чим значення критерію ближче до одиниці тим ближче план до оптимального. Тому виникає необхідність у створенні програмного модулю, що буде будувати ортогональні плани експериментів, які будуть оптимальні за критерієм D-efficient [1] для заданої кількості факторів та їх рівнів.

Пропонується наступний алгоритм побудови ортогонального дрібного плану експерименту типу m^n, (m – кількість рівнів факторів, n – кількість факторів):

– побудувати матрицю – як результат добутку Кронекера [2] двох матриць матриць l_n та $l_n^T = [0 \ldots \mathrm{n}]$ (n – кількість факторів).

– провести операцію «залишок від ділення» на m по відношенню до побудованої матриці и отримати матрицу D_m;

– використовуючи операцію блочного сумування [2] побудувати матрицю $l_m \oplus D_m$;

– додати до побудованої матриці стовпець l_n та отримати матрицю l_n, $l_m \oplus D_m$;

– відсортувати матрицю з п.4 по першому стовпцю;

– виконати операцію ортогонального кодування побудованої матриці.

У якості інструментарію для запропонованого програмного модуля побудови ортогональних дробових планів експериментів за критерієм мінімізації D-efficient обрана мова програмування R та графічний інструментарій Shiny. Інтерфейс

користувача програмного модулю складається з односторінкового веб-додатку, який виконує функцію відображення та допомагає користувачеві виконати роботу по плануванню та обробці експерименту.

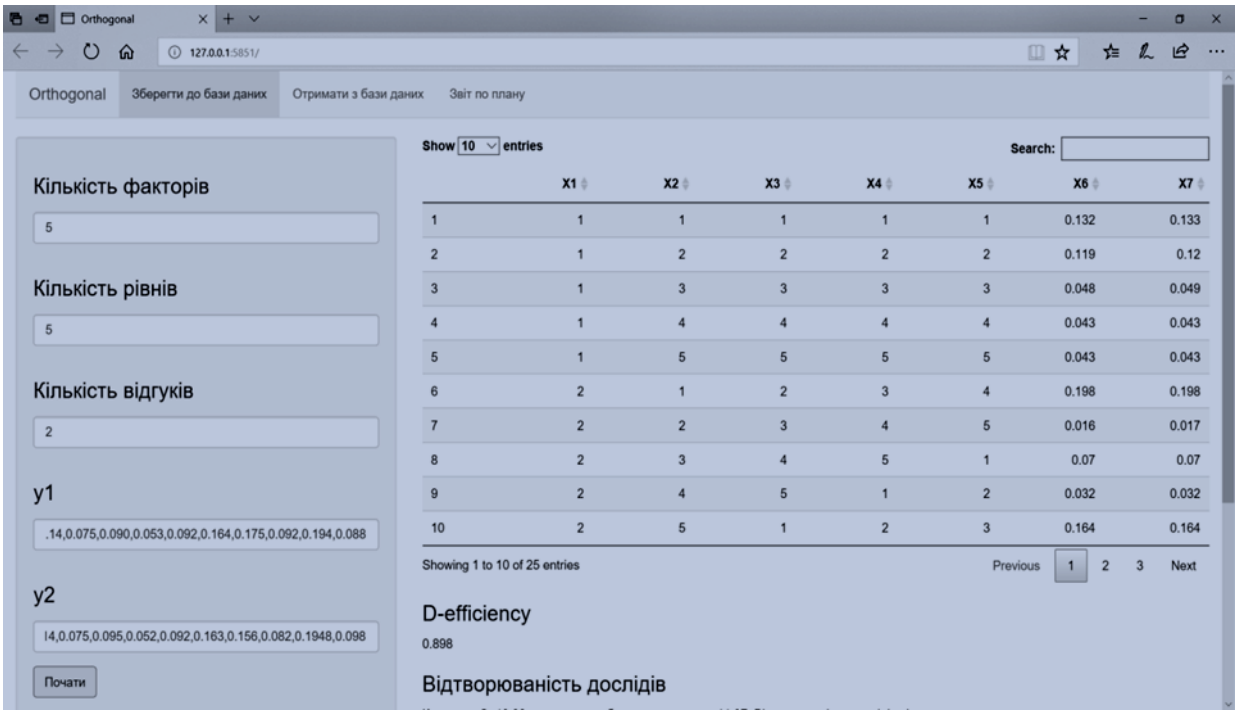


Рис. 1. Вікно браузера з програмним модулем

Запропоновано програмний модуль з клієнт-серверною архітектурою який передбачає одночасну роботу декількох користувачів, та дозволяє автоматизувати процес планування та обробки експериментів шляхом побудови спеціального збалансованого ортогонального плану, що оптимальний за критерієм мінімізації D-efficient.

[1] Mitchell Toby J. An Algorithm for the Construction of D-optimal Experimental Designs. (1974). P. 203-210.
[2] Warren F. Kuhfeld. Experimental Design, Efficiency, Coding, and Choice Designs. SAS Technical Documents TS-694C. SAS Instituite Inc., Cary, NC. (2010). P. 53-241.
[3] Адлер Ю. П., Маркова Є. В., Грановський Ю. В. Планування експерименту при пошуку оптимальних умов М .: Наука. (1976). - 279 с.

SOFTWARE MODULE FOR PLANNING AND PROCESSING OF EXPERIMENTS UNDER THE D-EFFICIENT MINIMIZATION CRITERIA

V. Malkina, A. Mozgovenko
Tavriya State Agrotechnological University
andrewmozg@gmail.com

The article describes the algorithm of the formation of the orthogonal balanced experiment designs, which are optimal by the D-efficient criterion. The algorithm based on the Kronecker matrix product operations the block matrix summations. On the basis of the offered algorithm, offered an software module for planning and processing of experiments.

ВЕРИФІКАЦІЯ МУЛЬТИАГЕНТНИХ МОДЕЛЕЙ У СЕРЕДОВИЩІ NETLOGO В КОНТЕКСТІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

В. Долгов, О. Шульга
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
valeriy.dolgov@i.ua, lena.sh.geret@gmail.com

У більшості програмних систем мультиагентного моделювання або не існує, або існують обмежені за своєю функціональністю засоби верифікації та валідації моделей.

- Встановлено, що при досить великій увазі до розробки методів верифікації ПЗ взагалі, практично відсутні посилання на відомі методи верифікації ПЗ для імітаційного моделювання на базі агентного підходу.
- Встановлено, що окрім стандарту FIPA, що стосуються протоколів спілкування агентів, інших стандартів на розробку мультиагентних моделей не існує.

Детальний аналіз моделей, що розповсюджуються NetLogo, свідчить про те, що концепції імітаційного моделювання за всіма його етапами не відповідає більшість моделей.

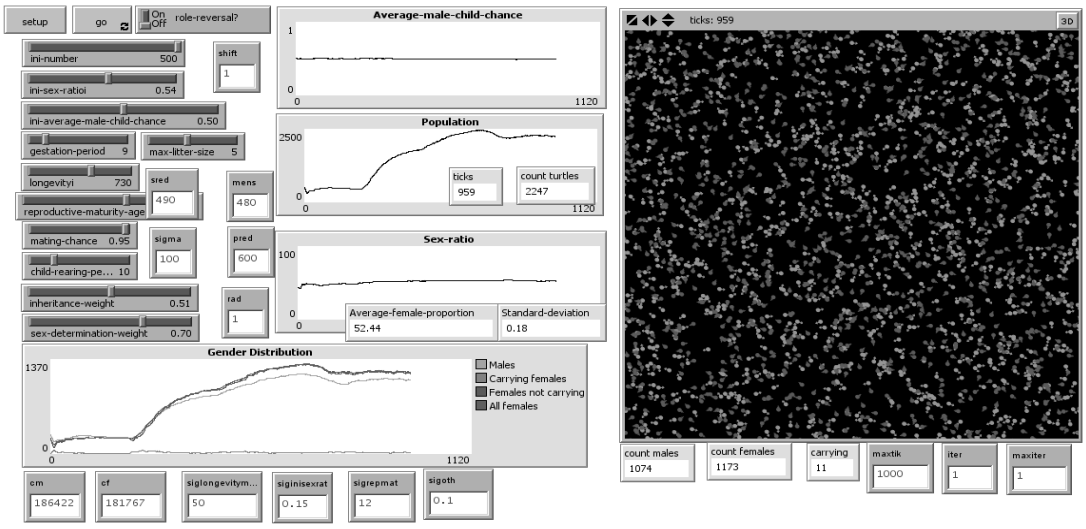
Головними недоліками є наступні:

- Наявність в програмному коді некерованих елементів.
- Відсутність аргументації щодо вибору діапазону зміни відповідних параметрів.
- Відсутність рекомендацій за заданням класів еквівалентності параметрів.
- Немає можливості роботи з реальними даними з зовнішніх файлів.
- Відсутність можливостей збереження результатів моделювання в зовнішніх фалах.
- Немає можливості використовувати інтерактивний режим обміну даними інтерфейс-код і код-інтерфейс для відстеження ходу виконання програми іншими способами окрім графіків і репортерів.
- Не передбачена можливість накопичення і усереднення результатів.
- Не визначено часовий масштаб моделювання тобто, ціна одного тіка.
- Не передбачена можливість роботи з непараметричними законами розподілу.
- Явно недостатня документованість імітаційних моделей в прийнятих формах «What is it».

Перераховані недоліки не дають можливості виконати практично для усіх розглянутих мультиагентних моделей з бібліотеки Netlogo останніх етапів імітаційного моделювання. Треба взяти до уваги, що спільнота Netlogo збирає, розробляє і поширює моделі у багатьох областях людської діяльності і орієнтовані вони на використання в навчальному процесі. Тому недостатній рівень їх верифікації може призвести до спотвореної уяви користувачів щодо суті явищ та процесів.

Деяку конкретику наведемо на прикладі моделі еволюційної динаміки **Sex Ratio Equilibrium Extention 3**, яка базується на принципі Фішера, одного з фундаментальних законів живого світу. Основні зауваження можуть бути зведені до таких.

Запропоновані значення параметрів не відповідають людській популяції. Вони просто неоднорідні. Вік статевої зрілості не відповідає часу виношування і вигодовування потомства Ідентифікація, специфікація, збір даних не проведені. При мінімальних спробах упорядкувати співвідношення параметрів модель втрачає працездатність. Популяція вимирає. Вихідна модель не могла бути використана через те, що була непрацездатною при прийнятному набору параметрів.



Припущені помилки в використанні датчиків випадкових чисел, Замість середнього автор насправді використовував ковзне середнє. Помилкове представлення про роботу однієї з фунцій Netlogo, призвело до **помилкового головного висновку про правильність моделі.**

Переробка моделі стосувалась умов спілкування осіб відповідно віку, відповідної за віком фертильності, відповідного віку статевої зрілості У теперішньому вигляді модель виглядає адекватно поставленій меті. У переробленому варіанті модель дозволяє проводити стохастичне моделювання відповідно до методу Монте-Карло. Це знімає необхідність вирішувати задачі останніх етапів імітаційного моделювання. Всі дані, що використовувались при моделюванні відповідають реальним. Треба, і це принципово, звернути увагу на певну перевантаженість інтерфейсу переробленої моделі.

Головною ж проблемою не тільки цієї, а й інших моделей з бібліотеки Netlogo є порушення технологічного ланцюга спілкування з експертом. Моделі розробляються практично одноосібно, іноді двома людьми. При досить високій кваліфікації розробників, як програмістів, відсутність експерта може нанести моделі суттєву шкоду, а іноді і привести до розповсюдження хибних і непрацездатних моделей. Покладатися ж на увагу членів спільноти та їх бажання верифікувати або покращити модель, що найменше, необачно. Моделі так і залишаються неверифікованими і потребують суттєвого доопрацювання.

MODEL VERIFICATION. DISTRIBUTED BY THE NETLOGO COMMUNITY

V. Dolgov, O. Shulga
Oles Honchar Dnipro National University
valeriy.dolgov@i.ua, lena.sh.geret@gmail.com

The report addresses the issue of model verification. distributed by the Netlogo community. Such models are freely distributed, allow any change and are recommended for use in the educational process, however, the level of their verification seems to be insufficient. Examples from the class of evolutionary models show typical model deficiencies and suggest methods for eliminating them in order to bring the models to conformity with simulation requirements.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ ПАРАЛЕЛЬНИХ ДОДАТКІВ НА ПЛАТФОРМІ .NET

Є. Зима, І. Пономарьов, Ю. Рибка
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
eugenzima@gmail.com

Тема паралельного програмування сьогодні дуже актуальна, тому що сучасні комп'ютери мають багато процесорів та ядер. Розробка паралельних додатків дозволяє ефективніше використовувати обчислювальні потужності.

Для паралельних програм можлива ситуація, коли код, який запускається з одними і тими ж даними, дає різні результати через зміни порядку обчислень, що виконуються паралельно. Коли працює паралельний цикл, то всі або деякі його ітерації виконуються паралельно, при цьому певний порядок їхнього виконання не гарантується. Тому дослідження ефективності методів паралелізму необхідне при розробці високоефективних паралельних додатків [1].

У роботі розглянуті класи бібліотеки TaskParallelLibrary(TPL) [2] для багатопотокового програмування на C#, що підвищують ефективність використання багатоядерних процесорів:Parallel LINQ (PLINQ), Parallel та Task.

TPL включає в себе два рівня функціональності:

- верхній рівень складається для структурного паралелізму даних: PLINQ і клас Parallel.
- нижній рівень містить клас для паралелізму задач Task.

Бібліотека паралелізму задач дозволяє створювати тисячі завдань з мінімальними накладними витратами. КласиParallel і PLINQ роблять це автоматично, оскільки вони побудовані на основі конструкцій паралелізму задач.

PLINQ автоматично розпаралелює локальні LINQ запити. PLINQ легко використовувати, оскільки розбиття завдання і об'єднання результатів покладається на нього. Методи Parallel.For і Parallel.ForEach аналогічні C# операторам циклу for і foreach, за винятком того, що ітерування елементів послідовності відбувається паралельно, а не послідовно. Проблема розробки ефективних програм за допомогою класу Task полягає в тому, що паралельно виконувані завдання мають бути досить об'ємними, оскільки накладні витрати на створення об'єктів Task, планування окремих завдань і очікування їх виконання можуть бути значно більше витрат на саму обробку.

Бібліотека PLINQ надає найбагатшу функціональність: вона автоматизує всі етапи паралелізму, включаючи поділ роботи на завдання, виконання цих завдань різними потоками і об'єднання результатів в одну вихідну послідовність. Її використання називається декларативним, оскільки просто оголошується те, що потрібно виконати паралельно, і вона сама піклується про деталі реалізації. На противагу цьому, інші підходи є імперативними, в цьому випадку потрібно явно написати код з розділення завдання і об'єднання результатів. У разі класу Parallel, треба об'єднати результати самостійно, в разі конструкцій паралелізму задач, потрібно ще й розділити задачу самостійно.

Для порівняння ефективності методів паралелізму було обрано завдання знаходження площі інтегралу, а саме виконання підрахунку числа π найпростішим з методів чисельного інтегрування – методом прямокутників. При паралельному виконанні обчислень, для кожного методу паралелізму послідовний алгоритм був модифікований з урахуванням специфічних особливостей методів.

Проведене тестування програм з різними методами паралелізму та для різних по тривалості завдань, результати приведені на рис.1.

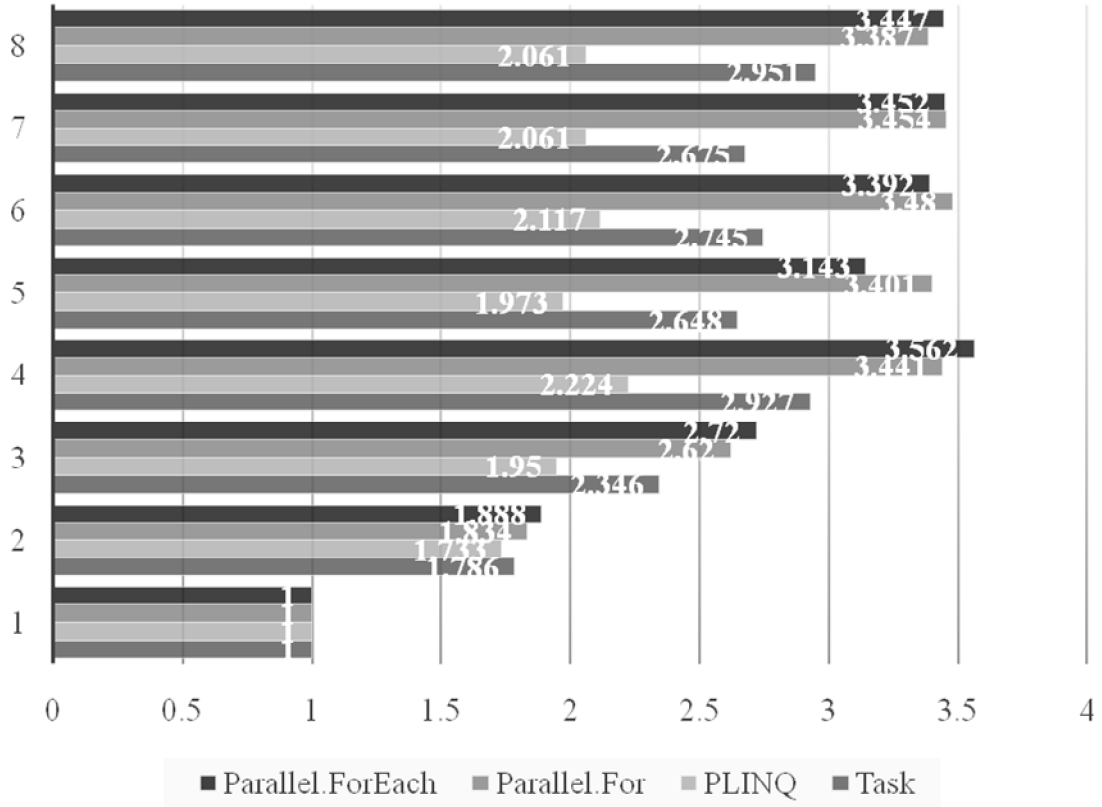


Рис. 1. Графік залежності прискорення від кількості потоків.

Методи паралелізму по прискоренню роботи програми розташувалися в такій послідовності, від найшвидшого:Parallel.ForEach, Parallel.For, Taskта PLINQ.

[1] Троелсен, Э. Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5, 6-е изд. / Пер. с англ. – М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2013. – 1312 с.
[2] TaskParallelLibrary (TPL). [Электроний ресурс]: https://developers.google.com/maps/ https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/standard/parallel-programming/task-parallel-library-tpl.

RESEARCH OF EFFICIENCY OF DEVELOPMENT METHODS PARALLEL APPLICATIONS ON .NET PLATFORM

E. Zima, I. Ponomarev, Y. Rybka
Oles Honchar Dnipro National University
eugenzima@gmail.com

The work is devoted to the study of the effectiveness of methods for developing parallel applications on the .NET platform. Review methods of implementation of parallel project son .NET platform: PLINQ, Parallel.For, Parallel.ForEach, Task. The parallel versions of the program of calculation, conducted comparison of efficiency of the marked methods of parallelism, were worked out.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИДІЛЕННЯ СПІВТОВАРИСТВ У СОЦІАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ

Є. Мелешко
Центральноукраїнський національний технічний університет,
elismeleshko@gmail.com

Одною з основних задач аналізу соціальних мереж (СМ) та соціальних графів є задача виділення співтовариств (кластерів). Співтовариство – це набір вершин, у яких багато спільних ребер між собою та мало спільних ребер з іншими вершинами графу. Вершини одного співтовариства, як правило, мають багато спільних властивостей і саме тому у них виникають спільні зв'язки. Напр., це можуть бути користувачі СМ, що живуть в одному місті, мають спільні інтереси, купують схожі товари, тощо. Виділення співтовариств може бути корисним при розробці: рекомендаційних систем, систем виявлення ботів, систем виявлення прихованих соціальних структур, тощо.

Методи пошуку співтовариств за принципом роботи можна поділити на наступні: засновані на оптимізації модулярності, засновані на спектральних особливостях графу та засновані на оцінці ентропії системи [1]. За результатами роботи методи пошуку співтовариств можна поділити на такі, що розбивають граф на кластери, які не перетинаються (Edge Betweenness, Label Propagation, FastGreedy, WalkTrap, Infomap, Leading Eigenvector, MultiLevel, тощо), та на ті, що розбивають граф на кластери, які перетинаються (k-Clique Perlocation, BigCLAM, DEMON, CONGO, тощо) [2].

Метою даної роботи є розробка програмного забезпечення для виявлення співтовариств у соціальній мережі. Для реалізації програмного забезпечення було використано мову програмування Python та СУБД Neo4j.

Neo4j – це система управління базами даних типу NoSQL, заснована на представлені даних у вигляді графів [3]. Вона має вбудовану бібліотеку з розпаралеленими алгоритмами для роботи з графами Graph algorithms. Для виявлення співтовариств дана бібліотека містить наступні алгоритми у вигляді функцій:

– **Louvain** (algo.louvain). Заснований на оптимізації модулярності. Вузли об'єднуються у співтовариства так, щоб збільшити модулярність. Є одним з найшвидших алгоритмів на основі модульності, і добре працює з великими графами.

– **Label Propagation** (algo.labelPropagation). Визначає співтовариства, використовуючи лише структуру графу. Кожна вершина в графі поміщається в те співтовариство, якому належить більшість його сусідів. Якщо ж таких співтовариств декілька, то вибирається випадково одне з них. У початковий момент часу всім вершинам ставиться у відповідність окреме співтовариство.

– **Triangle Counting / Clustering Coefficient** (algo.triangleCount). Визначає кількість трикутників, що проходять через кожен вузол у графі. Трикутник являє собою набір з трьох вузлів, в якому кожен вузол має зв'яки з усіма іншими вузлами.

Для реалізації інших алгоритмів виділення співтовариств у СМ необхідно розробляти власні функції, існуючі запити СУБД Neo4j дають таку можливість.

Для роботи з Neo4j була використана бібліотека neo4j.v1 для мови Python. Для підключення до Neo4j використовується наступний код:

```
driver = GraphDatabase.driver("bolt://localhost",
auth=basic_auth(user = <login>, password = <password>))
session = driver.session()
```

Для здійснення запитів до бази даних використовується функція:

```
session.run("""<запити_до_бази даних>""", [<змінні_через_кому>])
```

Запишемо у базу даних граф соціальної мережі за допомогою запитів типу:

```
MERGE (User1:User {id:$id_user1, name:$name_user1}) //створення вузлів
MERGE (User2:User {id:$id_user2, name:$name_user1})
MERGE (User1)-[:Friend]->(User2) // створення ребер
```

Дані в Neo4j зберігаються у вигляді показаному на рисунку 1.

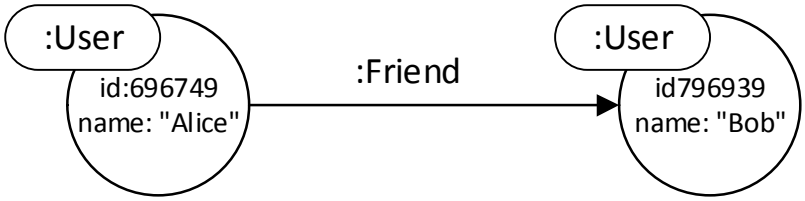


Рис. 1. Формат запису даних у СУБД Neo4j

Наведемо приклад запиту для виділення співтовариств методом Louvain:

```
CALL algo.louvain('User', ' Friend',  {write:true,
writeProperty:'community'}) //властивість community буде містити № кластеру
YIELD nodes, communityCount, iterations, loadMillis, computeMillis,
writeMillis; // дані для виведення після роботи алгоритму
```

Результати його роботи для графу з 485 вузлами та 596 зв'язками наведені у табл.1.

Таблиця 1. Приклад результатів виклику функції Louvain

Кількість співтовариств	Кількість ітерацій	Час завантаження даних, мс	Час запуску алгоритму, мс	Час запису результатів у граф, мс
7	1	8	4	5

Висновки. База даних Neo4j надає широкі можливості для аналізу соціальних мереж. Для виділення співтовариств вона пропонує декілька реалізованих у її бібліотеці Graph algorithms алгоритмів. Для конкретних практичних задач можуть знадобитися й інші алгоритми виділення співтовариств, які необхідно буде реалізовувати самостійно, і для зручності їх реалізації у Neo4j є багато інструментів.

[1] Выделение сообществ в графе взаимодействующих объектов / М.И. Коломейченко, И.В. Поляков, А.А. Чеповский, А.М. Чеповский // Фундаментальная и прикладная математика. – Т. 21. № 3. – 2016. – С. 131–139.
[2] Никишин Е.С. Методы выделения сообществ в социальных графах [Електронний ресурс] / Е.С. Никишин. – 2016. – Режим доступу: http://www.machinelearning.ru/wiki/images/8/8a/Nikishin_coursework_community_detection.pdf.
[3] neo4j [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://neo4j.com/.

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR COMMUNITIES DETECTION IN SOCIAL NETWORKS

Y. Meleshko
Central Ukrainian National Technical University
elismeleshko@gmail.com

In this work methods of communities detection in social networks are researched and the possibility of using the database management system Neo4j for software implementation of the considered methods are explored.

Software developed, written in the programming language Python, for implementing database queries Neo4j and exploring the work of communities detection algorithms in social networks are created.

СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТРИКИ CIEDE2000 ΔE_{00}

О. Реута, Х. Хабраман
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
reutaov@gmail.com

Одним із основних завдань обробки та аналізу зображень є сегментація — поділ зображення на області, для яких виконується певний критерій однорідності, наприклад, виділення на зображенні областей приблизно однакової яскравості.

Існує значна кількість методів сегментації, які базуються на кластерізації, піксельній кореляції, визначенні ентропії, локальних порогів, оцінці гістограм тощо [1]. Однак практично всі вони оперують поняттям відстані між двома елементами зображення, визначеного в просторі заданого критерію однорідності. В даній роботі цим критерієм виступає колір, який є однією з природних характеристик зображення.

В колориметрії відмінність між двома кольорами оцінюється показником ΔE, який підраховується на основі різниці координат двох кольорів у певному колірному просторі. Значення $\Delta E = 1{,}0$ відповідає найменшій різниці кольорів, помітній кваліфікованому спостерігачеві в стандартних умовах.

Метрика CIEDE2000 ΔE_{00} (далі ΔE_{00}) визначена для колірного простору CIE 1976 L*a*b* (CIELAB), особливістю якого є відокремлення світлосили кольору від його хроматичної складової (тон, насиченість): рівень освітленості задається координатою L^* (змінюється від 0 до 100, що відповідає зміні кольору від найтемнішого до найсвітлішого), а інформація про колір — двома декартовими координатами a^* і b^*. Перша визначає положення кольору вздовж осі «зелений-пурпуровий», друга — «синій-жовтий» [2].

Пропонується наступне застосування метрики ΔE_{00} для сегментації растрового кольорового зображення [3].

1°. Колір піксела, який вважається таким, що належить зображенню поверхні об’єкта, що аналізується, береться за зразок. Для збільшення точності можна обрати групу пікселів і як зразок кольору встановити усереднений колір групи.

2°. Визначається поріг метрики ΔE_{00} — $\Delta E_{00\,\mathrm{MAX}}$.

3°. Виконується настроювання метрики на конкретний вид поверхні і умови її ідентифікації.

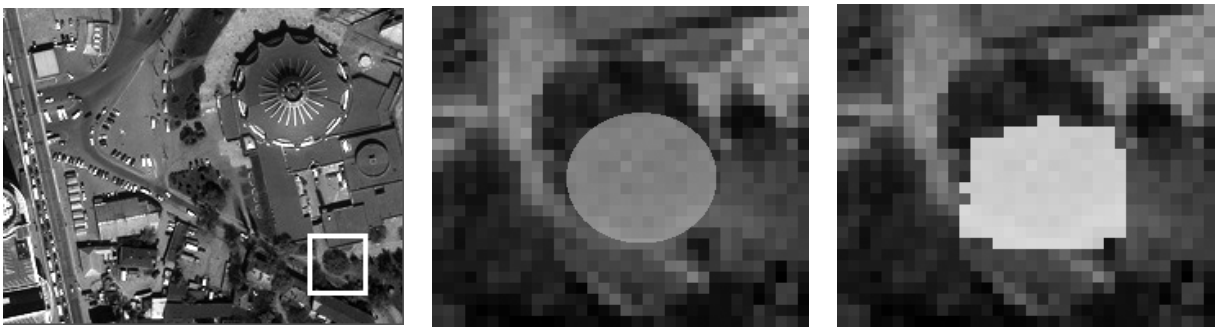
4°. Для кожного з пікселів, сусідніх уже обраним, обчислюється значення ΔE_{00} [**2**] і, якщо воно менше встановленого порогу, то піксел включається в область. Цей крок повторюється, поки серед пікселів, суміжних уже включеним в область, не знайдеться жодного, який можна було б до неї включити.

Зробимо деякі важливі зауваження щодо наведеної процедури та визначимо її переваги при застосуванні до аналізу об’єктів на фотограмметричних зображеннях.

По-перше, метрика ΔE_{00} передбачає можливість підстроювання під конкретні умови застосування. Здійснюється це за допомогою параметричних множників (вагових коефіцієнтів) k_L, k_C та k_H, які визначають, відповідно, вплив яскравості, насиченості та тону кольорів на результат їх порівняння [2]. У загальному випадку приймається $k_L = k_C = k_H = 1$, але при застосуванні метрики ΔE_{00} для аналізу фотограмметричних зображень саме ці множники можуть бути використані для адаптації процедури сегментації до різних видів поверхні і умов збору відеоданих. Наприклад, якщо частина поверхні об’єкта знаходиться в області тіні, то для зменшення впливу яскравості при виділенні її форми, слід збільшувати k_L . За наявності

неоднорідного погіршення видимості (через туман, дим, хмарність тощо) разом з k_L слід збільшувати k_C. Якщо поверхня, що аналізується, має варіації колірності (наприклад, через відблиски та віддзеркалення сусідніх об'єктів), то їх вплив можна зменшити збільшенням k_H.

Як приклад застосування описаного підходу на рис. 1 показане фотограмметричне зображення з виділеною областю інтересу, яка містить дерево (рис. 1, а). Далі область листя дерева була виділена експертом (рис. 1, б) і потім визначена шляхом автоматизованої сегментації з використанням запропонованого підходу за одним пікселом із порогом $\Delta E_{00\ \mathrm{MAX}} = 6{,}0$. Для зменшення впливу яркісних характеристик об'єкту приймалось $k_L = 100$ без оптимізації.



а) б) в)

Рис. 1. Сегментація області інтересу на фотограмметричному зображенні

Розвиток методики вбачається у розробці рекомендацій щодо управління метрикою ΔE_{00} за допомогою вагових коефіцієнтів і розширення області її застосування на мультиспектральні зображення, подані у псевдокольорах.

[1] Hunt R. W. G., Pointer M. R. Measuring Colour, 4th Edition. – Wiley, 2011. – 492 p.
[2] Sharma G., Wu W., Dalal E. N. The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations. – Color Research and Application, 2005. –V. 30, N. 1, P. 21 – 30.
[3] Гнатушенко В. В., Реута О. В. Використання метрики колірного простору для виділення монохромних областей на фотограмметричних RGB-зображеннях // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету : наукове фахове видання / ТДАТУ. – Мелітополь, 2008. – Вип. №4, т. 53, С. 114 – 119.

IMAGE SEGMENTATION BASED ON USAGE OF CIEDE 2000 ΔE_{00} METRIC

O. Reuta, H. Habruman
Oles Honchar Dnipro National University
reutaov@gmail.com

The new approach to segmentation of raster images based on the CIEDE2000 ΔE_{00} metric is proposed. It is show how this metrics could be used adaptively according to particular conditions of image registration like clouds, fog, mist, deviations of color caused by reflections and others.

General recommendations on effective implementation of the described technics are presented as well as an example of its usage for analysis of a photogrammetric image of Earth surface.

РОЗРОБКА ВІРТУАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ПОМІЧНИКА З ГОЛОСОВИМ ІНТЕРФЕЙСОМ

В. Спірінцев, Д. Попов
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
v.spirintsev@gmail.com, kegups@gmail.com

На сьогоднішній день ринок програмного забезпечення пропонує користувачеві безліч різних віртуальних цифрових помічників (від англ. Virtual Digital Assistant, VDA), що призначені для ефективної взаємодії користувача із зовнішніми online-сервісами для вирішення повсякденних задач (планування графіка, організація і виконання повсякденних справ, контекстний пошук інформації і т.ін.) [1].

Однак, існуючі універсальні рішення не дають можливості користувачеві ефективно вирішувати вузькоспрямовані задачі (наприклад: контроль посилок у провідних поштових операторів, замовлення квитків на транспорт, виклик таксі т.ін.) без конкретизації запиту (вибір сервісу серед запропонованих помічником та подальших маніпуляцій з ним). Більшість VDA орієнтовані на зарубіжний ринок і не мають тісної інтеграції з українськими сервісами (додатки мають лише базовий функціонал управління пристроєм і забезпечують роботу з обмеженим набором систем), що знижує ефективність їх роботи. Також на ефективність роботи VDA впливає спосіб введення команд (текстовий, голосовий т.ін.) на виконання конкретного запиту. Підтримка голосового інтерфейсу забезпечує більш повну реалізацію програми, порівняно з текстовим варіантом введення команд.

Тому розробка віртуального цифрового помічника, що забезпечить тісну інтеграцію з вітчизняними сервісами та підтримку голосового інтерфейсу, є актуальною та потребує подальшого вивчення.

Для вирішення цього питання необхідно задіяти готові рішення по перетворенню аудіосигналу до символьного виду шляхом взаємодії з ними через API - програмного інтерфейсу прикладного програмування.

Оскільки строго обмежений набір команд буде ускладнювати взаємодію з помічником (при масштабуванні додатку кількість команд зросте, що викличе труднощі освоєння програми), виникає необхідність у перетворені отриманих символів у конкретно сформований запит.

Для цього необхідно провести інтелектуальну обробку початкового тексту. Ефективним рішенням даної задачі є використання нейронних мереж. Отриману систему необхідно навчити визначати запит, використовуючи метод асоціативної пам'яті [2]. Для цього необхідно слова з початкового тексту перетворити в числа і скласти вектор, після чого багаторазово співвіднести конкретний вектор з певним запитом. Таким чином створюється карта співвідношень, за якою в подальшому довільний текст буде перетворений в конкретизований запит. Після конкретизації запиту необхідно запустити цикл робіт з певним сервісом за допомогою представленого API. На рис. 1 наведено приклад обробки запиту користувача.

Наступним кроком є безпосередньо створення інтерфейсу додатку. Розроблений веб-сервіс було реалізовано за допомогою мови програмування PHP. Для обробки аудіосигналів буде використаний стартап Wit.ai. Для побудови нейронної мережі було використано готове рішення - FANN (Fast Artificial Neural Network). В якості сервісу

для створення інтерфейсу було обрано Telegram. Даний месенджер дозволяє стороннім розробникам програмувати власних ботів — сторонні утиліти, які запускаються всередині програми та значно розширюють її можливості.

Готовий продукт дозволяє приймати запити користувача з довільного додатку, обробляти їх та повертати відповідь користувачеві як у web-інтерфейсі, так і у довільному додатку.

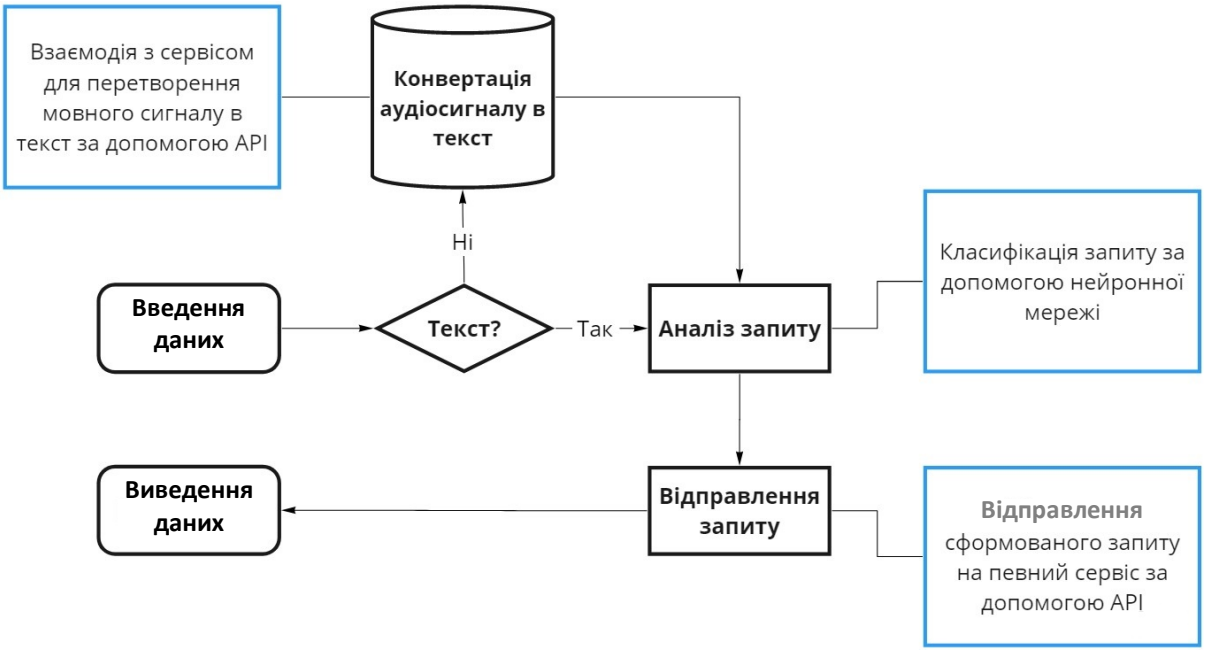


Рис. 1. Загальна схема взаємодії користувача з асистентом

Висновки. В роботі запропоновано цифровий віртуальний помічник, що може працювати з довільними системами та забезпечувати ефективне рішення вузьконаправлених задач користувача по взаємодії з українськими сервісами з підтримкою голосового інтерфейсу.

[1] Personal digital assistantиндустрии [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.microsoft.com/en-in/windows/cortana
[2] Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс. Издательский дом “Вильямс” (Москва, 2006). С. 111.

DEVELOPMENT OF VIRTUAL DIGITAL ASSISTANT WITH VOICE INTERFACE

V. Spirintsev, D. Popov
Oles Honchar Dnipro National University
v.spirintsev@gmail.com, kegups@gmail.com

The paper proposes a digital virtual assistant that can work with arbitrary systems and provide an effective solution to specific user's tasks in interaction with Ukrainian services with voice interface support.

РОЗРОБКА ДОДАТКІВ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ PEER-TO-PEER

М. Церр, С. Вовк
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
tserr.michael@gmail.com

Один з сучасних напрямків розвитку програмного забезпечення мобільних систем полягає у розробці додатків на базі пірінгової технології Peer-to-Peer (скорочено P2P). За технологією P2P кожен вузол (пір) виступає і як клієнт, і як сервер. Відповідно кожен пір за умови участі у відповідній P2P-мережі надає доступ до тих своїх ресурсів, які будуть спільно використовуватися. Такий підхід знаходить своє відображення у всіх P2P-системах, хоча вони можуть суттєво різнитися за своєю базовою архітектурою. Можна зазначити, що різноманіття архітектурних рішень та іноді різне трактування основної ідеї P2P-систем певним чином ускладнює формулювання точного визначення для них. Проте звичайно виділяють декілька основних принципів, які відстежуються у більшості однорангових систем. Серед них можна вказати на принципи розподілу ресурсів, децентралізації та самоорганізації [1].

Принцип розподілу ресурсів та вільного доступу до них є одним з основних принципів побудови P2P-систем. Природньо будь-яка P2P-система передбачає спільне використання потрібних їй ресурсів, які можуть бути як фізичними (наприклад, дисковий простір), так і логічними (наприклад, системні послуги). За допомогою спільного використання ресурсів у пірінговій системі можуть бути реалізовані ті підходи, які не можуть бути реалізовані лише одним вузлом мережі. Принцип децентралізації є безпосереднім наслідком розподілу ресурсів, коли певні частини системи або, навіть, вся система в цілому не працюють під заздалегідь визначеним керуванням. Децентралізація дозволяє уникати певних вузьких місць в роботі системи. Наприклад, в клієнт-серверній моделі в якості вузького місця можуть виступати ресурси серверу, яких одночасно потребує велика кількість клієнтів. Пірінгові мережі Gnutella і Freenet є прикладами повністю децентралізованих систем. Принцип самоорганізації є необхідним у разі повної децентралізації системи. Він забезпечує функціонування системи у випадку, коли не існує вузла, який централізовано координує взаємодію вузлів. Тому вузли системи повинні самі координувати свої дії, спираючись лише на локальну інформацію та взаємодіючи з локально досяжними вузлами-сусідами. У цьому випадку глобальні зміни, що визначають стан системи, виникають як результат локальної взаємодії вузлів.

Іншими розповсюдженими принципами побудови пірінгових систем також є анонімність користувачів системи, градація вузлів за часом їх перебування в мережі (наприклад, система пошуку YaCy), прозорість взаємодії вузлів (наприклад, P2P-системи на основі технології Blockchain). Слід зауважити, що Blockchain-технологія дає новий напрям розвитку P2P-систем та має потенціал для використання на мобільних платформах. Фактично технологія Blockchain є способом документування даних в Інтернеті, а інформація, записана за її допомогою, може мати будь-яку форму.

Існує багато прикладів успішного використання програмних додатків P2P-систем для мобільних пристроїв [2]. Серед них можна вказати додатки цифрового аудіозв'язку Voice over Internet Protocol (VoIP), служби миттєвих повідомлень Instant Messaging Service (IMS) та потокового відео. Справді, P2P-мережі мають великий

потенціал для надання в реальному часі аудіо- та відео-дзвінків за допомогою VoIP-додатків, оскільки служби голосової комунікації звичайно не потребують спеціальної інфраструктури та великої обчислювальної потужності або пропускної спроможності. Клієнтські месенджери (Instant Messengers – IM) для миттєвої передачі текстових повідомлень - це ще одна широко використовувана категорія мобільних додатків. IM-додаток може бути реалізований на мобільних пристроях таким чином. Кожен пір-вузол буферізує повідомлення до того моменту, поки його не можна переслати іншому вузлу відповідно до протоколу маршрутизації. Існує також багато прикладів IM-додатків, реалізованих на поточних мобільних платформах. Проте всі вони є Інтернет–додатками, в яких не можуть бути використані переваги технології P2P.

Обмін потоковим відео «наживо» має значний потенціал для реалізації на базі технології P2P. Так, скупчення людей з мобільними приладами на різного типу заходах дозволяє формувати місцеву мобільну P2P-мережу. Тоді її вузли можуть обмінюватися фотографіями чи відео або будь-яким іншим типом інформації. Загальновідомо, що такі випадки представляють складні проблеми для звичайних мобільних мереж через багато з'єднань у географічно невеликій області, тоді як потокове відео або відео за запитом (VoD) в даний час представляють значну частину мобільного трафіку. Також зазначимо, що на даний час багато територій ще не охоплені стільниковими або іншими мережами та не мають підключення до Інтернету. Тому існує потреба у створенні самоорганізованої мобільної P2P-мережі для підключення хостів з іншими вузлами, які мають підключення до Інтернету.

У представленій роботі розглянуті питання розробки мобільного додатку на платформі Android, який використовує P2P-з’єднання для обміну повідомленнями між мобільними телефонами. Користувачі додатку можуть обмінюватись повідомленнями, якщо вони підключені до однієї локальної мережі. При цьому зазначене з’єднання використовує TCP-протокол як основний протокол передавання даних. Для організації даних на прикладному рівні використано власний протокол передачі даних на основі текстового формату обміну даними JSON. Розроблений додаток надає можливість користувачам спілкуватися один з одним без будь-яких додаткових витрат та значно зменшує ймовірність перехоплення повідомлень, що передаються.

[1] An Overview on Peer-to-Peer Information Systems [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://lsirpeople.epfl.ch/hauswirth/papers/WDAS2002.pdf.
[2] Peer-to-peer communication on android-based mobile devices [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/255983482_Peer-to-peer_communication_on_android-based_mobile_devices_Middleware_and_protocols.

APPLICATION DEVELOPMENT FOR MOBILE SYSTEMS BASED ON PEER-TO-PEER TECHNOLOGY

M. Tserr, S. Vovk
Oles Honchar Dnipro National University
tserr.michael@gmail.com

The basic principles of peer-to-peer networks are indicated. Among them emphasizes the principles of resource distribution, decentralization and self-organization. The problem of developing applications for mobile systems based on peer-to-peer technology is considered.

ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ SPIHT ДЛЯ СТИСНЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ФОРМУ ПРОСТОРОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Є. Василиненко, О. Реута
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
reutaov@gmail.com

Алгоритм SPIHT був розроблений для стиснення і оптимальної прогресуючої передачі зображень. Найважливішою особливістю цього алгоритму є те, що на кожному етапі декодування якість отриманого зображення є найкращою для введеного об'єму інформації для даного образу. Іншою його відмінністю також є використання вкладеного кодування [1].

В оригінальному алгоритмі SPIHT двовимірний масив (растрове зображення) розкладається на певну кількість піддіапазонів на основі ієрархічної вейвлет-декомпозиції. Основна структура даних алгоритму SPIHT — просторово орієнтоване дерево — визначається з використанням просторових співвідношень між вейвлетними коефіцієнтами зображення і використовує той факт, що різні їх піддіапазони демонструють певну просторову симетрію: будь-які просторові особливості форми (прямі краї, рівномірні області) залишаються легко помітними на всіх рівнях.

Алгоритм не має обмеження на розмірність вихідного масиву і тому маються його розширення для стиснення без втрат і передачі тривимірних масивів (об'ємні медичні зображення) та двовимірних масивів, розширених третьою розмірністю, якою може бути час (відеопотік) або частотний канал (мультиспектральні зображення). Між тим відсутні реалізації алгоритму адаптовані для стиснення тривимірних масивів, що подають просторові моделі, для яких головною характеристикою є форма [1].

В даній роботі пропонується реалізація алгоритму SPIHT для кодування саме таких об'єктів.

Вважаємо, що форма просторового об'єкту подана воксельною моделлю, яка може включати як непрозорі (класичні), так і напівпрозорі воксели, оптична щільність яких залежить від того, якою мірою воксел заповнений матеріалом об'єкту [2]. Дана модель є тривимірним масивом $V_{M\times N\times K}$ дійсних чисел $0 \le v_{ijk} \le 1$, де $i = \overline{0, N-1}$, $j = \overline{0, M-1}$ і $k = \overline{0, K-1}$. Граничні значення $v_{ijk} = 1$ відповідають непрозорим вокселям, $v_{ijk} = 0$ — абсолютно прозорим, (невидимим). Вважатимемо також, що $N = 2^n$, $M = 2^m$ і $K = 2^k$.

Відповідне просторово орієнтоване дерево, що ілюструє співвідношення між вейвлетними коефіцієнтами форми об'єкту, наведене на рис. 1.

Нижче наведена схема алгоритму SPIHT [1], адаптована для зазначеної моделі.

Крок 1: Для масиву $V_{M\times N\times K}$ обчислюється вейвлетне перетворення, використовуючи просторові вейвлети Хаара [3]. Коефіцієнти перетворення c_{ijk} подаються як цілі числа зі знаком. Нехай $n = \left[log_2 \max_{ijk}\left(c_{ijk}\right)\right]$.

Крок 2: Передається L коефіцієнтів c_{ijk}, для яких $2^n \le \left|c_{ijk}\right| \le 2^{n+1}$. Потім передається L пар координат і L знаків цих коефіцієнтів.

Крок 3: Передається (n–1) найстарших бітів всіх коефіцієнтів c_{ijk}, для яких $\left|c_{ijk}\right| \ge 2^n$. Ці коефіцієнти були обрані на Кроці 2 попередньої ітерації циклу.

Крок 4: Зменшується n на 1. Якщо необхідно зробити ще одну ітерацію, то слід піти на Крок 2. Зазвичай остання ітерація відбувається при n=0, але кодер може зупинитися раніше. В цьому випадку найменш важлива частина інформації (деякі менш

значимі біти всіх вейвлетних коефіцієнтів) не надсилатимуться. Це еквівалентно скалярному квантуванню, але результат виходить кращий, оскільки коефіцієнти передаються у вигляді впорядкованої послідовності [1].

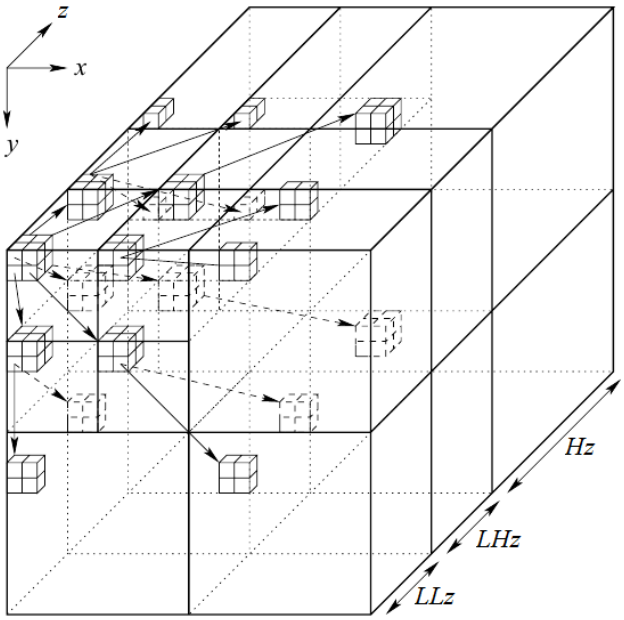


Рис. 1. Просторово орієнтоване дерево алгоритму SPIHT для подання форми тривимірних моделей

У найближчій перспективі передбачається розробка програмного прототипу, що реалізує описану процедуру кодування форми тривимірного об’єкту, поданого своєю воксельною моделлю, та його інтеграція із середовищем тривимірної комп’ютерної графіки і моделювання Blender.

[1] Salomon D., Motta G. Handbook of Data Compression. Springer. (2009). 1359 p.
[2] Реута О. В. Воксельна модель тривимірного об’єкту в задачах реконструкції його форми // Прикладна геометрія та інженерна графіка. — К.: КНУБА, 2008. — Вип. 80 — С. 500 – 504
[3] Реута О. В. Конструювання просторових вейвлетів Хаара в задачах аналіза форми просторових об’єктів // International research and practice conference «Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences»: Conference proceedings, Radom: Izdevnieciba «Baltija Publishing» (2017). PP. 24 – 27

USAGE OF SPIHT ALGORYTHM FOR COMPRESSION OF INFORMATION REPRESENTING SHAPE OF 3D OBJECTS

E. Vasylynenko, O. Reuta
Oles Honchar Dnipro National University
reutaov@gmail.com

The new approach to compress shapes of 3D objects based on SPIHT algorithm has been proposed. For this purpose the common SPIHT flow is extended to process voxel models with semi-transparent voxels. Three dimensional Haar wavelets are used to convert voxel model into a set of wavelet coefficients and then process them according to the adopted SPIHT algorithm. Described approach allows transmitting of 3D shapes via communication media in a more efficient way supporting progressive compression and embedded encoding.

СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

В. Павліщук, С. Воропаєва
Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича
vladpavlishchuk@gmail.com

Одним з найбільш перспективних напрямків розвитку комп'ютерних технологій є розпізнавання образів. Його перспективність пов'язана з тим, що дає можливість автоматизувати великий обсяг робіт, які до того могла виконувати тільки людина. Важливою складовою данного напрямку є розпізнавання рукописного тексту.

Рукописний текст все ще залишається найбільш природним для людини способом введення та збереження інформації не дивлячись на те, що в наш час широко використовується друкований текст. Різноманітні архіви, рукописна документація, анкети, та інші великі об'єми інформації написані від руки потребують розпізнавання та обробки. Однак їх перенесення в електронну форму людиною – важке завдання, яке потребує великої кількості людських ресурсів.

Особливістю рукописного тексту є те, що на відміну від друкованого тексту, не існує якихось певних стандартів для написання символів. Один і той самий символ написаний двома різними людьми може кардинально відрізнятись (рис. 1).

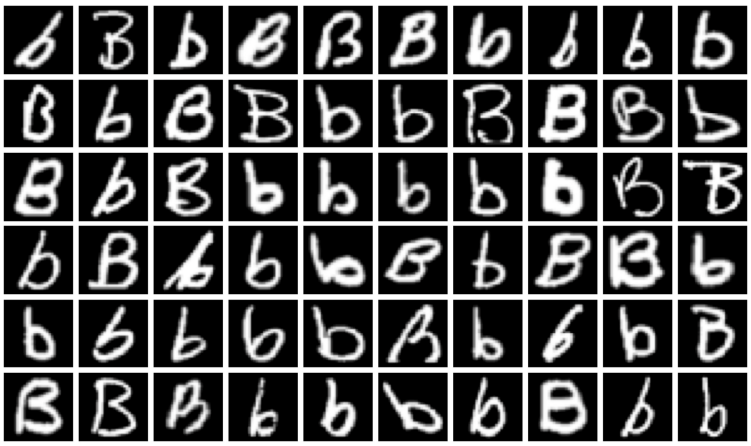


Рис. 1. Англійська літера B (велика та маленька) написана різними людьми

Існує два основних типи розпізнавання рукописного тексту – онлайн та офлайн. Різниця полягає в тому, що при онлайн методі розпізнавання відбувається під час написання тексту, а у випадку офлайн –зображення розпізнається з уже написаним текстом. Онлайн розпізнавання відбувається значно простіше, адже окрім графічної інформації, відбувається також аналіз напрямку та характеру руху при написанні. В даній роботі розглядається офлайн розпізнавання тексту, адже існує безліч застосувань, які розпізнають рукописний текст онлайн методом (такі як Google Handwriting Input, PenReader, тощо), але практично не існує тих, які розпізнають його офлайн.

Очевидно, ця задача не може бути вирішена за допомогою звичайного програмуванням, саме тому для її вирішення застосовуються методи, які дозволяють навчати програму. Одним з таких методів є нейронні мережі. Вони широко використовуються в розпізнаванні образів, обробці даних і завданнях апроксимації функцій. Основними перевагами нейронних мереж є здатність навчатися, продуктивність на зашумлених даних, можливість паралельної реалізації і висока ефективність при обробці великих масивів даних[1].

В рамках роботи створено програмний додаток на мові Java, який розпізнає рукописні англійські символи. Розпізнавання виконується за допомогою навченого багатошарового перцептрона. Навчання мережі проводилось за методом зворотного розповсюдження помилки на двох вибірках – англійських рукописних символах з набору EMNIST[2], а також на модифікації цього набору шляхом розмивання по Гаусу. Навчання на різних наборах проводилось з ціллю перевірити, яка з навчальних вибірок дасть кращий результат в подальшому розпізнаванні тестової вибірки. Отримані результати опрацьовано, та відповідно до них обрано кращий з наборів для навчання.

[1] Исрафилов Х. С. Применение нейронных сетей в распознавании рукописного текста «Молодой учёный» № 29 (133) Информатика . (24-27), 2016
[2] The EMNIST Dataset [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.nist.gov/itl/iad/image-group/emnist-dataset

HANDWRITING RECOGNITION SYSTEM BASED ON NEURAL NETWORKS

V. Pavlishchuk, S. Voropaieva
Yurii Fedkovych Chernivtsi National University
vladpavlishchuk@gmail.com

In this paper was considered one of the ways of recognizing handwritten characters. As part of the work, Java software application was created. The purpose of this application is to recognize handwritten English characters.

Recognition is performed with the help of a trained multilayer perceptron. The training of the network was carried out according to the backpropagation method on two samples - the English handwritten characters from the EMNIST set, and modifications to this set by Gaussian blur. The results of the recognition on different sets were compared, and the one that showed the best results in the test was selected.

НАДАННЯ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ

Я. Бабанська, Н. Соколова
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ybabanska@gmail.com, n.olegowna@gmail.com

Психологічна допомога може знадобитися кожному. Зростання числа різного роду надзвичайних ситуацій, міжнаціональних конфліктів, соціальних і економічних катастроф за останні роки диктує необхідність в більшій мірі приділяти увагу психологічній допомозі особистості. Високі темпи життя, значний інформаційній потік, дефіцит часу, важкі життєві періоди, стани емоційного зриву, психологічна самотність впливають на психіку і стають причинами різних відхилень в нормальній діяльності окремих чи багатьох функціональних систем організму. Тому очевидно, що використання різних форм психологічної підтримки населення має бути одним з ключових пунктів у концепціях розвитку абсолютно всіх сфер в Україні[1].

До 2018 року жодної єдиної всеукраїнської системи підтримки громадян не існувало. На початку цього року МОЗ анонсував запуск телефонної «гарячої лінії»

емоційної підтримки для порятунку українців. Однак ми повинні розуміти, що люди, які живуть в епоху Інтернету, не уявляють свого існування без нього, і наше покоління уже повністю віддає перевагу спілкуванню в мережі, зараз набагато легше написати повідомлення, аніж зателефонувати або зустрітися. Вважаємо, що сучасна людина скоріше наважиться написати про неї, ніж буде розповідати про свою проблему. Отже, сьогодні є надзвичайно актуальним питання надання психологічної допомоги людям з різноманітними проблемами за умов нестабільності та невизначеності сучасного суспільства. Враховуючи те, що гаджети стали невід'ємною частиною життя населення України, студентською командою було запропоновано створення єдиної національної служби емоційної підтримки в формі анонімного чату з психологом, реалізованого у вигляді сайту та мобільного додатку.

Тож у червні 2018 року у фіналі всеукраїнського конкурсу «Програміст-2018» нашою командою «Young, but ready» у складі з п'яти студентів ДНУ імені Олеся Гончара було представлено проект створення додатку до єдиної національної служби емоційної підтримки, який реалізує надання психологічної допомоги у формі анонімного чату. З одного боку- користувач, з іншого- кваліфікований спеціаліст, здатний допомогти.

Під час хакатону було створено функціонуючий сайт та розпочато розробку мобільної версії. У перспективі розвитку проекту- створення Telegram-бота[2].

Проект отримав схвальні відгуки від членів журі і виконав свою головну місію- нагадати спільноті про цінність людського життя та важливість надання психологічної підтримки у наш час. Сподіваємося, що найближчим часом стане можливою повна практична реалізація вищеозначених напрямів підвищення рівня психологічної допомоги, яка надається українцям.

[1] І.Е.Ковальська, В.П.Москалець «Психологічна допомога особистості у суспільстві сьогодення: спроба актуалізації»(2014)
[2] Презентація проекту створення всеукраїнської лінії психологічної підтримки від команди «Young, but ready» (студенти ДНУ імені Олеся Гончара) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://prezi.com/view/sdRWOoZwPs19i8DPCIaG/

PROVIDING UKRAINIANS WITH PSYCHOLOGICAL SUPPORT THROUGH INFORMATION TECHNOLOGIES

Y. Babanska, N. Sokolova
Oles Honchar Dnipro National University
ybabanska@gmail.com, n.olegowna@gmail.com

Everybody needs help sometimes. You don't have to be «crazy», desperate or on the brink of a meltdown to go to therapy. Mental health is important at every stage of life, from childhood and adolescence through adulthood, it affects how we think, feel and act. Excessive anxiety and stress can contribute to real physical problems. That's why it is so important to use different forms of psychological support in our country.

As ukrainians can't live without their gadgets today and for modern people it is much easier to write than call, our team «Young, but ready» of five students (Oles Honchar Dnipro National University) presented a project of creating a psychological support service maid in form of anonymous chat. During the hackathon, a website was created, the development of a mobile app was started and in the future we are planning to create a bot.

Let's hope that psychological support for Ukrainians will get better soon.

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ФАСЕТКОВИХ ОБРАЗІВ

Вік. Гнатушенко, М. Погребняк
Національна металургійна академія України
trip@ukr.net

Основними підходами до вирішення завдань розпізнавання образів є класифікація за допомогою вирішальних правил, алгоритмів кластеризації, методу опорних векторів, нейронних мереж та статистичних методів [1]. На сьогоднішній день технології машинного зору акумулюють велику кількість теоретичних знань з області фізики, математики та біології, тим самим залучаючи фахівців різних областей до дослідження та аналізу візуальної інформації. Тому задача розробки імітаційної моделі розпізнавання образів на основі фасеткового зору є актуальною. Фасеткові очі, в порівнянні з іншими типами очей, мають ряд суттєвих переваг: можуть охоплювати велике кутове поле практично до повної сфери та швидко виявляти рух [2]. Також слід зазначити оптичну однорідність, велику глибину зображуваного простору, стереоскопічность зору, чутливість до поляризації випромінювання і мініатюрність фасеткових очей. Однак їм притаманне низьке просторове розрізрення, яке випливає з принципів просторової дискретизації [2]. Таким чином з початку треба розробити математичну модель фасеткового ока, а потім на її основі створити і навчити нейронну мережу для розпізнавання образів. На першому етапі створюється двовимірна модель фасеткового ока у вигляді правильного багатокутника з N сторонами, вписаного в коло радіуса R. В цьому випадку омматідіям відповідають трикутні сектора, що задаються сторонами багатокутника, а рогівка є відрізком, який є зовнішньою стороною омматідії. Для моделювання стереоскопічності фасеткового зору кінцевої пари очей розташуємо їх на осі абсцис симетрично і рівновіддалено щодо осі ординат. Нумерацію омматідієв лівого ока будемо брати, починаючи від першого омматідія, знизу щодо осі абсцис, і справа, послідовно, у напрямку руху годинникової стрілки, а нумерацію омматідієв правого ока - починаючи зверху і зліва щодо осі абсцис. У імітаційній моделі встановлено залежність видимості об'єкта від його розміру і відстані. Вихідними даними служать дві величини, радіус об'єкта - r, що з'являється в полі зору і відстань до нього - l, причому $r>0$ і $l>0$. За допомогою цієї залежності можна визначити: «побачить» омматідій об'єкт чи ні: об'єкт видно повністю, об'єкт видно частково, об'єкт занадто далеко. Проведений аналіз літератури та існуючих рішень в області моделювання очей і застосування машинного зору та аналізу зображень дозволило запропонувати математичну модель площинного фасеткового ока для вирішення задач розпізнавання образів.

[1] Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений // Москва.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
[2] Соломатин В.А. Фасеточное зрение: перспективы в оптико-электронных системах. // Фотоника, 2009. – № 1. – С. 22–26.

IMITATION MODEL OF FACET PATTERN RECOGNITION

Vik. Hnatushenko, M. Pohrebnyak
National Metallurgical Academy of Ukraine
trip@ukr.net

Proposed and described parameterized simulation model 2-D faceted eye for deciding visual pattern recognition.

ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕКСТОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ДРІБНИМИ СИМВОЛАМИ

Д. Ковальов, С. Вовк
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dmitrykovalev@i.ua

Розпізнавання зображень з друкованим текстом є однією з актуальних задач аналізу зображень. Це обумовлено як сучасними запитами на оцифровування різних за складом та форматом документів та інших друкованих джерел інформації, так і великою кількістю різновидів спотворень, які виникають під час зазначеного процесу. Звичайно низька роздільна здатність пристроїв оцифровування (сканеру, фотоапарату тощо) призводить до того, що дрібні символи тексту розпізнаються з дуже малим відсотком вірогідності [1]. Тому метою даної роботи є подання методу покращення зображень друкованого тексту з дрібними символами для покращення якості їх розпізнавання.

Покращення якості розпізнавання дрібних символів природно потребує збільшення їх розмірів. Проте звичайне «розтягування» зображень з друкованим текстом, яке виконується шляхом використання кусково-лінійної інтерполяції, не дає підстав вважати таку інтерполяцію доцільною. Так, результатом кусково-лінійної інтерполяції є те, що отримані зображення стають мало придатними для розпізнавання текстів за допомогою OCR-додатків, бо символи в рядках тексту зливаються та їх контури стають занадто розмитими. Тому є доцільним використання інтерполяції більш високого порядку, наприклад, білінійної інтерполяції [2]. Проте така інтерполяція є прийнятною у випадку, коли просторові спектри поданих на зображенні об’єктів практично повністю лежать в смузі просторових частот системи формування зображень, що не виконується для об’єктів малих розмірів. Тому постановка розв’язуваної задачі полягала у визначені та аналізі можливостей інтерополяції зображень друкованих текстів з дрібними символами на основі двовимірного ядра (фільтра) Ланцоша, яке дозволяє змінювати просторову частоту дискретизації зображення та майже не вносить спотворень у просторовий спектр [3].

Для рішення поставленої задачі був розроблений програмний додаток, який дозволяв збільшувати розмір зображення з друкованим текстом шляхом інтерполяції його значень на основі зазначеного двовимірного ядра Ланцоша. Програмний додаток був створений на мові програмування C# в середовищі Visual Studio 2015 Community та надавав можливості уведення зображення в одному зі стандартних графічних форматів (JPEG, GIF, BMP тощо), виконання просторової інтерполяції уведеного зображення за допомогою фільтру Ланцоша та перевірки ефективності його застосування шляхом використання додатку Tesseract-OCR. При цьому останній надавав можливість визначити точність розпізнавання символів шляхом обчислення значення параметру Cost для кожного окремо розпізнаного символу. Варто зазначити, що чим меншим є значення цього параметру, то тим більшою (за алгоритмами Tesseract-OCR) є вірогідність правильного розпізнавання.

В табл.1 подані результати розпізнавання літери А, надрукованої шрифтом Times New Roman з різним кеглем. При цьому вхідне зображення формату JPEG (розмір 632 на 110 пікселів) було отримане за допомогою сканеру з роздільною здатність 300 dpi, а вихідне зображення формату JPEG (розмір 2528 на 440 пікселів) було отримане за допомогою фільтру Ланцоша. З табл.1 видно, що якість розпізнавання

символів маленьких кеглів значно підвищилась. Аналогічні результати були отримані і для інших символів зазначеного шрифту.

Таблиця 1. Порівняння розпізнаних символів

Розмір шрифта	Вхідне зображення		Вихідне зображення	
	Cost	Результат розпізнавання	Cost	Результат розпізнавання
20	208	A	402	A
16	140	A	140	A
12	803	A	604	A
10	803	A	604	A
8	803	A	604	A
7	803	A	711	A
3	711	\	214	A
2	711	1	214	A
1	711	.	214	.
Середнє Cost	757		419	

Таким чином, застування алгоритму інтерполяції Ланцоша дозволило збільшити достовірність розпізнавання текстових зображень з дрібними символами.

[1] Ковальов Д.К., Вовк С.М. Комп'ютерна система для зчитування друкованого тексту та його коригування. // Системные технологии. – 2017. – №108. – С. 41–45.
[2] Внуков А. А., Єгоров І. В. Исследование эффективности программной реализации многопотокового алгоритма масштабирования методом билинейной интерполяции // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2014. – №9. – С. 264–271.
[3] Молодчик Е. О. Неисчерпаемости пиксела [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://itc.ua/16523.

IMPROVING QUALITY OF TEXT IMAGE RECOGNITION WITH SMALL CHARACTERS

D. Kovalov, S. Vovk
Oles Honchar Dnipro National University
dmitrykovalev@i.ua

The use of Lanczos interpolation algorithm to improve the quality of printed text image recognition consist of small characters is proposed. The obtained results show that in this case the value of the Tesseract-OCR recognition indicator is increased for small characters significantly.

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ

Т. Задоя, Н. Соколова
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
n.olegowna@gmail.com

Сьогодні при створенні нової української школи - школи, у якій буде приємно навчатись і яка даватиме учням не тільки знання, а й вміння застосовувати їх у житті - гостро постає проблема навчання дітей з особливими потребами, адже такі діти потребують особливого підходу у спілкуванні та соціалізації у новому колективі. Під егідою першої леді нашої держави інклюзивну освіту впроваджують в кожному регіоні, а Дніпропетровська область стала пілотним проектом.

«Новій школі – нові вчителі». Зараз дане висловлювання набуває дещо іншого забарвлення. Використання роботів у навчанні дітей з особливими потребами має право на існування. Саме такий підхід в змозі вирішити найважливішу проблему соціалізації. Сучасні роботи вже мають в своєму арсеналі певний набір емоцій, що має позитивний вплив на встановлення вербального та невербального контакту між учнем та «вчителем». Через те, що цей набір є обмеженим та налаштовується індивідуально, роботи не зможуть нашкодити чи травмувати психічне здоров`я особливої, дуже вразливої дитини.

Серед всіх роботів, представлених на світовому ринку, слід виділити робота Софію, яка в жовтні 2018 року відвідала Україну та поспілкувалася з прем’єр-міністром Володимиром Гройсманом [1]. Софія дружня зі світом, дала численні інтерв'ю ЗМІ, співала на концерті та прикрашала обкладинку одного з найкращих модних журналів. Одне з її інтерв'ю сформувало мільярди думок та взаємодію соціальних мереж. Крім того, вона з'явилася на сцені як член групи та ведуча на конференціях високого рівня, розкриваючи питання про те, як робототехніка та штучний інтелект стануть поширеною частиною життя людей [2]. Тож є всі підстави вважати, що аналоги робота Софії цілком успішно зможуть навчати школярів з особливими потребами.

Щодо переваг такого навчання можна виділити наступне: зникне поняття класового поділу дітей (без обмежених можливостей, з обмеженими можливостями); вчителі-роботи матимуть більшу стресостійкість; підвищиться рівень навчання за рахунок усунення людського фактору; діти з дитинства будуть жити в технологічному суспільстві; навчання дітей з особливими потребами перейде на новий рівень. До недоліків слід віднести такі фактори як: виховання дітей цілком залежатиме від батьків; потерпційне безробіття вчителів та інші. Тобто використання людиноподібних роботів Софія в новій українській школі тягне за собою низку ще не вирішених питань. Але не дивлячись на всі недоліки, Софія має намір підписати меморандум про співпрацю з Державним агентством з питань електронного уряду України для створення умов для розвитку робототехніки і штучного інтелекту в Україні. Навчання дітей з особливими потребами має стати пріоритетною задачею сучасного суспільства, у вирішенні якої важливу роль відіграватимуть інноваційні ІТ технології.

[1] @VGroysman – Volodymyr Groysman [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://twitter.com/vgroysman
[2] Hansonrobotics – Robot Sofia [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.hansonrobotics.com/robot/sophia/

APPLICATION OF MODERN INFORMATION TECHNOLOGIES AS THE BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF A NEW UKRAINIAN SCHOOL

T. Zadoy, N. Sokolova
Oles Honchar Dnipro National University
n.olegowna@gmail.com

The new Ukrainian school today is a key reform of the Ministry of Education and Science. The main objective of this is to create a school in which it will be a pleasure to learn and give students not only knowledge, as it is now, but also the ability to apply them in life.

Robot Sofia is the first prototype of a humanoid work that will soon become a full-fledged teacher of a modern Ukrainian school.

РЕКОНСТРУКЦІЯ ЗОБРАЖЕНЬ В Х-ПРОМЕНЕВІЙ ТОМОГРАФІЇ НА ОСНОВІ РОЗВ'ЯЗКУ ОБЕРНЕНИХ ЗАДАЧ

М. Борча, Л. Дроздик, П. Пинюк
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
lydadrozduk@gmail.com

Реконструкція зображення об'єктів неруйнівним способом на основі використання неповних і шумних рентгенівських зображень, з урахуванням обмеженого кута зору, є основною задачею в Х-променевій комп'ютерній томографії. Це пов'язано з практичною необхідністю відтворення зображень внутрішньої структури області інтересу об'єкта в реальному часі для виявлення внутрішніх порушень (наприклад, у виробах з комбінації кераміки та пластмас або порожнин у зварних з'єднаннях заповнений шлаковими включеннями та інтерметалідами) за допомогою набору проекцій, які, можливо, можна зібрати.

Односторонній доступ до об'єкта керування, що зумовлює нездатність отримати повний комплект проекцій, є специфічною ознакою промислової томографії, яка має місце в деяких випадках. Таким чином, томографічна реконструкція зображення повинна здійснюватися на основі неповного набору даних, що передбачає не можливість спостереження (зондування) об'єкта у всіх напрямках. Основна проблема реконструкції об'єкта на основі неповних проекційних даних, це те що її ще не було повністю вирішено, оскільки розв'язок обернених задач являється досить складним.

У даній роботі було продемонстровано, що якщо доступна система збору даних забезпечує повний доступ до об'єкта, то класичне перетворення Радона використовується для реконструкції як, наприклад, у [1] або застосовується ітераційний підхід [2]. Якщо доступні єдині дані для обмеженого кута зору або обмеженої кількості рідкісних проекцій або для обох цих обмежень, то проблема інверсії даних стає сильно некоректною. Однак використання цих підходів призводить до деградації відтворюваного зображення, що супроводжується появою значних пошкоджень, таких

як розмиття, орієнтовані вздовж рентгенівського розповсюдження. Слід зазначити, що чим менше кут зору, тим вищий ступінь розмиття.

В ході роботи було прийнято, що слід застосовувати ітераційну техніку, і в якості цифрового алгоритму слід включати як якісну, так і кількісну інформацію, щоб подолати недостатність даних та поліпшити якість алгоритмів реконструкції. Встановлено, що облік апріорної інформації має вирішальне значення для забезпечення якісної реконструкції на основі обмеженої кількості прогнозів. Врахування апріорних даних дає змогу зменшити кількість можливих рішень обернених задач. На першому етапі необхідно отримати оптимальне початкове наближення деякими обчислювальними алгоритмами. Наступний етап включає використання спеціальних алгоритмів, які полегшують введення апріорної інформації про шукане рішення.

Отже у роботі представлено тривимірний метод реконструкції корпусу-вокселя з високою інформативною здатністю та точністю до реконструкції, призначений для діагностики структури матеріалу в фізико-технічних дослідженнях, дефектоскопії та інтроскопії виробів. Були розроблені математичні алгоритми обчислення для отримання початкових наближеннь зображень [3].

[1] F. Natterer, *The Mathematics of Computerized Tomograthy* (Stuttgart, 1986).
[1] W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Wetterling, and B. P. Flannary, *Numerical Recipes in C* (Univ. Press, Cambridge, 1992).
[1] Сизиков В. С. *Обратные прикладные задачи и MatLab.* СПб.: Лань. (2011).

RECONSTRUCTION OF IMAGAES IN X-RAY TOMOGRAPHY BASED ON THE SOLUTION OF INVERSE PROBLEMS

M. Borcha, L. Drozdyk, P. Pinyuk
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
lydadrozduk@gmail.com

The paper presents reconstruction of three-dimensional X-ray tomographic image with high informative and precise data. This method is intended for diagnostics of material structure in physical-technical researches, defectoscopy and introscopy of products.

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙНОЇ ВЕБ-СИСТЕМИ НА ОСНОВІ КОЛЛАБОРАТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

Вік. Гнатушенко, О. Фісун
Національна металургійна академія України
trip@ukr.net

Більшість існуючих веб-сайтів використовують рекомендаційні системи для своїх користувачів: генерують різні пропозиції, намагаються визначити що хочуть знайти користувачі, що може їх зацікавити [1]. У більшості випадків розвиток рекомендаційних систем полягає в поліпшенні алгоритмів рекомендації. Тому розробка

рекомендаційної системи музичних композицій, що працює на основі неявних користувальницьких оцінок (коллаборативної фільтрації) є актуальною.

Серед підходів, що лежать в основі рекомендаційних систем, можна виділити декілька базових - коллаборативна фільтрація (collaborative filtering), тематична фільтрація (content-based filtering) та гібридна. Коллаборативна фільтрація – метод побудови рекомендаційних систем, заснований на припущенні про те, що користувачам зі схожими оцінками предметів, переглянутих раніше, буде подобатися одне і те ж в майбутньому[1]. Серед методів коллаборативної фільтрації можна виділити два: user-based (запропонувати товари, придбані схожими користувачами; усереднити рейтинги товару, проставлені іншими користувачами, з вагами за ступенем схожості користувачів) і item-based (запропонувати товари, схожі на вже придбані; усереднити рейтинги вже оцінених товарів з вагами за ступенем схожості на неоцінений товар) [2].

Для реалізації обрано рекомендаційний алгоритм з класу моделей латентних факторів (latent-factor models), оскільки він придатний для обробки неявних користувальницьких оцінок. Набір даних складається повністю з взаємодій між користувачами і піснями артистів. Такі механізми намагаються пояснити спостережувані взаємодії між великою кількістю користувачів і продуктами через відносно невелике число прихованих причин. Найбільш популярними в цьому класі є алгоритми Alternating Least Squares (ALS) і Singular Value Decomposition (SVD). Ці алгоритми факторизують матрицю «користувач-виконавець» A на дві: матрицю «користувач-властивість» U і « властивість-виконавець» M. SVD - метод розкладання матриці $A=UDV^T$, де матриці U і V - ортогональні, а D - діагональна. Обчислення методом SVD займають більше часу і їх важче розпаралелити. Він також не дуже ефективно обробляє матриці з пропущеними значеннями: коли набір даних для рекомендаційної системи розріджений, пропущені значення прирівнюються до нуля, навіть якщо користувач міг дати їм вищу оцінку. Алгоритм ALS працює набагато швидше, але з меншою точністю. Одним з достоїнств цього алгоритму є той факт, що в ньому можна точно налаштувати, що буде матися на увазі під функцією втрат. З огляду на вище сказане при розробці рекомендаційної системи використовується метод ALS.

Розроблена рекомендаційна система на основі коллаборативної фільтрації дозволяє обробляти великі обсяги вхідних даних при використанні запропонованих методів і технології.

[1] Гончаров М. Data Mining: Рекомендательные системы – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: kek.feu.ru/EOS/WMy50 132-670.pdf

[2] Дехтяр А. Collaborative filtering and Recommender Systems –[Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://users.csc.calpoly.edu/~dekhtvar/466- Fall2010/lectures/lecll-1.466.pdf

DEVELOPMENT OF THE RECOMMENDATION WEB-SYSTEM OF BASIS COLLABORATIVE FILTERING

Vik. Hnatushenko, O. Fisun

National Metallurgical Academy of Ukraine

trip@ukr.net

Recommendation system based on collaborative filtering to process large volumes of input data using the proposed methods and technology: alternating least squares, item-based.

ЕТАПИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ ЄДИНОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ЕМОЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ «I Help»

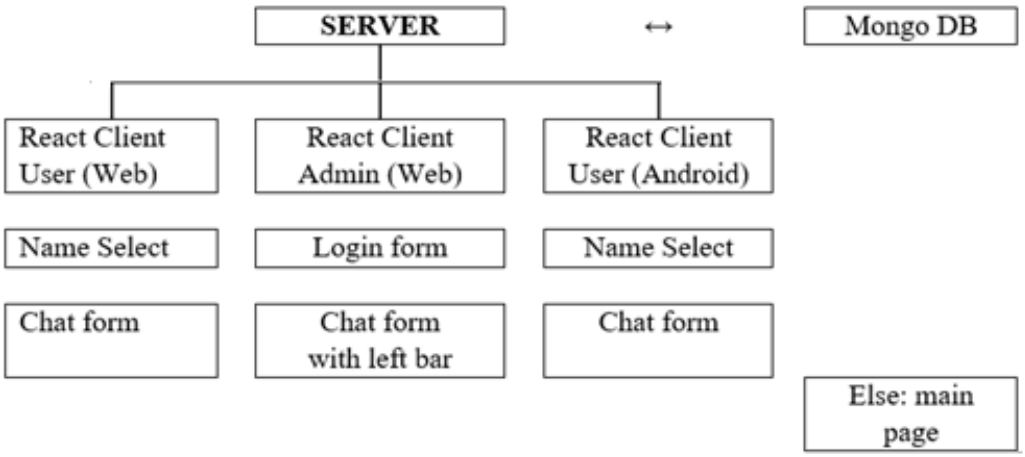
А. Щербина, Н. Соколова
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
anastasia.vovo@gmail.com, n.olegowna@gmail.com

У фіналі всеукраїнського конкурсу «Програміст-2018» командою «YBR» (Дніпровського національного університету ім. Олеся Гончара, факультет фізики, електроніки та комп'ютерних систем) було захищено етапи реалізації проекту єдиної національної служби емоційної підтримки «I Help», який пропонувався як інтернет-додаток до національної гарячої лінії емоційної підтримки та запобігання самогубств «Лінія життя. Україна» (проект МОЗ України). [2].

Актуальність теми проекту пов'язана з тим, що Україна є одною з 25 країн з найвищими показниками суїцидів в світі.

Для реалізації проекту використана популярна мова JavaScript. Сервер був розроблений на NodeJs за допомогою ExpressJs фреймворка у зв'язку з його гарною масштабованістю. В якості бази даних використовувалося сховище даних MongoDB. Клієнтський додаток розроблений на популярному фронт-енд фреймворку ReactJs.

Обмін даними між сервером і клієнтським додатком здійснювався шляхом передачі даних tcp за допомогою технології веб-сокетів та її реалізації в js - socket.io і socket.io-клієнт для сервера та клієнта відповідно. Під час розробки було створено клієнтський додаток, серверне і почато розробку мобільного додатка під платформу Android із використанням натівної реакції, що дозволяє створювати натівні додатки за допомогою js.



На наступних етапах розробки даного проекту можливо:

- створення Telegram-боту
- доробка розпочатого Android-додатка
- впровадження тривожних кнопок у цей додаток

Запропонований проект спрямований на збереження чисельності населення, яке:

1) Забезпечить появу наступних поколінь
2) Створить матеріальну основу для їхнього життя, розвитку і майбутнього нашої країни[1].

[1] Презентація проекту створення всеукраїнської лінії психологічної підтримки від команди «YBR» (студенти ДНУ імені Олеся Гончара) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://prezi.com/view/sdRWOoZwPs19i8DPCIaG/
[2] Проект МОЗ України національна гаряча лінія емоційної підтримки. Режим доступу: http://moz.gov.ua/article/news/v-ukraini-planujut-stvoriti-nacionalny-garjachu-liniju-emocijnoi-pidtrimki

STAGES OF IMPLEMENTATION OF THE PROJECT OF THE UNIVERSAL NATIONAL EMBASSAGE SUPPORT SERVICE "I Help"

A. Shcherbyna, N. Sokolova
Oles Honchar Dnipro National University
anastasia.vovo@gmail.com, n.olegowna@gmail.com

In the final of the All-Ukrainian competition "Programmer-2018" the YBR team (Oles Gonchar DNU, Faculty of FECS) defended the stages of the implementation of the project of the united national service of emotional support "I Help", which was offered as an Internet application to the national hotline of emotional support and suicide prevention "Lifeline. Ukraine "(project of the Ministry of Health of Ukraine). The project “I Help” is aimed at preserving the population, which will ensure the emergence of future generations and will create the material basis for their life, development and future of our country.

JavaScript is used to implement the project; the server was developed on NodeJs (ExpressJs framework); database - data warehouse MongoDB; the client application is designed for the ReactJs framework. Data exchange between the server and the client application was carried out by transferring tcp data using web sockets and implementing them in js - socket.io and socket.io-client.

It was created a client application, a server and started the development of a mobile application under the Android platform.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОДЕФЕКТОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН

В. Сирый, А. Вашерук, Т. Вашерук
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
vasheruk@ukr.net

Предлагаемый алгоритм позволяет определить геометрический вид микродефектов. Для определения вида микродефектов рассмотрена задача кодирования изображений, состоящих из плоских фигур. На рецепторном поле каждая такая фигура представляется множеством принадлежащих ей точек, образующих некоторую связную область. Каждая фигура однозначно задается множеством $B=\{B_1, B_2, \ldots, B_t\}$ граничных точек, в совокупности образующих ее контур. При этом от способа представления контура фигур в существенной степени зависит компактность представления изображения в целом и эффективность его обработки.

Алгоритм аппроксимации иллюстрируется на примере множества, состоящего из прямоугольника, эллипса, ромба и равнобедренного треугольника. Для каждой кривой проводим ось через ее центр тяжести, относительно которой момент инерции кривой принимает минимальное значение. Расположение кривой в растре сведено к каноническому переносу центра системы координат по оси x и y на расстояния Δx и Δy и повороту осей координат на угол θ. В канонической системе координат аппроксимирующие кривые однозначно определяются двумя параметрами, которые обозначены через u и v. Задача построения каждой кривой, может сведена к отысканию компонент вектора $G= (\Delta x, \Delta y, \theta, u, v)$.

Алгоритм аппроксимации разбивается на три этапа. На первом из них решается задача совмещения контура с кривыми множества. При этом определяются Δx, Δy, и θ и преобразуется система координат, в которой определены контурные точки. На втором этапе для каждой кривой находят ее геометрические параметры u и v. Третий этап сводится к выбору из множества построенных на втором этапе кривых такой, сумма квадратов расстояний которой от контурных точек минимальна. Уравнения этих линий и точек однозначно определяются для кривых уравнениями кривых, а для множества контурных точек - их координатами.

Снимки, полученные с видеокамеры и переданные через устройство ввода вывода на компьютер, предварительно обрабатываются для уменьшения зашумленности информации, повышения ее контрастности.

Путем усиления контрастности улучшается различимость отдельных структур изображения и уменьшается искажения, вызванные влиянием условий получения изображений в оптико-электронных преобразователях.

Алгоритм программы считывает изображение, получаемое с микроскопа, перевод изображение в бинарное, выделяет границы. Затем проводится фильтрация изображения, подсчет числа дефектов и вычисление площади микродефектов.

Количество микродефектов и их площадь подсчитывается в пикселях, в соответствии с алгоритмом идентификации. Итогом работы является информация о количестве и размере дефектов расположенных на исследуемой пластине.

Условием начала микродефекта является перепад яркости пикселей. Смена значения пикселя с черного на белое является началом фигуры. Учитывая, что обработка строк идет сверху вниз, то эта точка будет вершиной микродефекта. Дойдя до конца строки переходим к следующей строке. Если в одной строке попадается второй переход, то начинается запись еще одного массива с индексами элементов массива.

В следующей строке первый переход относим к первому массиву, второй ко второму. В строке, где заканчивается фигура при переходе из черного в белое индекс массива необходимо сравнить с первым массивом. Если хотя бы один индекс столбца совпадает, то запись этих элементов осуществляем в этот массив, с которым сравнивали. Если не совпадает тогда сравнить со вторым массивом и при совпадении столбца записывать в этот второй массив. Если совпадений нет, тогда начать запись нового массива.

После обработки последней строки массива, подсчитывается количество записанных массивов, что соответствует количеству микродефектов полупроводниковой пластины, а количество элементов массива – дает информацию о площади микродефектов, выраженной в пикселях.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR DETERMINING MICRODEFECTS OF SEMICONDUCTOR PLATES

V. Siryi, A. Vasheruk, T. Vasheruk
Oles Honchar Dnipro National University
vasheruk@ukr.net

The proposed algorithm allows to determine the geometric form of microdefects. To determine the type of microdefects, the problem of coding images consisting of flat figures was considered. The approximation algorithm is illustrated by the example of a set consisting of a rectangle, an ellipse, a rhombus and an isosceles triangle. After processing the array, the number of recorded arrays is calculated, which corresponds to the number of microdefects of the semiconductor wafer, and the number of array elements gives information about the area of microdefects, expressed in pixels.

ДОДАТОК ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

О. Тонкошкур, В. Усенко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
tonkoshkuras@ukr.net

Обробка експериментальних даних з метою отримання інформації про досліджувані об'єкти, зокрема, отримання відомостей про їх фізичні і технічні параметри є невід'ємною частиною будь-якого наукового дослідження або конструкторської розробки. Повною мірою це відноситься і до методів розв’язання завдань підвищення ефективності та надійності фотоелектричних систем сонячних батарей, які базуються на вдосконаленні схемотехнічних засобів захисту від електричних перевантажень базових їх елементів - фотоелектричних перетворювачів.

Слід зазначити, що розв’язання цього завдання пов'язане з деякими труднощами, зокрема, з точністю розрахунків, наявністю їх альтернативних алгоритміві. У зв'язку з цим, представляється за доцільне створення спеціалізованого програмного забезпечення, що дозволить розв’язувати зазначені завдання обробки даних у рамках концепції з використанням різних, найбільш ефективних на кожному його кроці програмних пакетів і засобів.

У даній роботі представлені елементи структури і інтерфейсу користувача додатка, розробленого для розрахунків параметрів фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) сонячних батарей.

У додатку використані програма-монітор, яка написана із застосуванням мови C# і проекту типу Windows Forms Application платформи Visual Studio. Прикладні програмні модулі бібліотеки розрахункових алгоритмів є документами відомого математичного пакету Mathcad (версія 13). Крім цього додаток використовує універсальні засоби роботи з файлами з розширеннями .xls, .docx і .pdf.

Структурна схема додатку являє собою кілька гілок послідовностей вкладених вікон (форм), доступ до яких здійснюється з головного вікна «Main window» (рис. 1). Це дозволяє вибрати з бібліотеки варіантів розрахункових алгоритмів потрібний варіант шляхом відкриття відповідного проміжного вікна.

У додатку використані, оформлені у вигляді програм пакета Mathcad, такі алгоритми розрахунку параметрів фотоелектричних перетворювачів із його світлової вольт-амперної характеристики (ВАХ), зокрема, визначення послідовного опору з використанням еталонного коефіцієнта заповнення ВАХ («Algorithm 1») [1]; визначення параметрів із застосуванням кутів ВАХ щодо осей координат («Algorithm 2») [2]; визначення параметрів з використанням площ під ВАХ («Algorithm 3») [3].

Для ознайомлення з особливостями цих алгоритмів у кожному проміжному вікні передбачено опис розрахункового методу (оформлено у вигляді файлу з розширенням .pdf) і тестовий варіант розрахунку. Введення експериментальних даних здійснюється за допомогою проміжного вікна «Data input», через меню якого запускається Excel-програма для формування масиву даних, що зчитуються програмними файлами для забезпечення розрахунку зазначених параметрів.

Головне вікно також містить панель інструментів з двома кнопками «Menu» і «Help». Кнопка «Menu» містить два пункти. При виборі першого з них пункту «Open Mathcad» буде виконаний запуск Mathcad або на екрані з'явиться пропозиція вибрати

файл запуску Mathcad самостійно. При виборі другого пункту «Exit» додаток буде закрито.

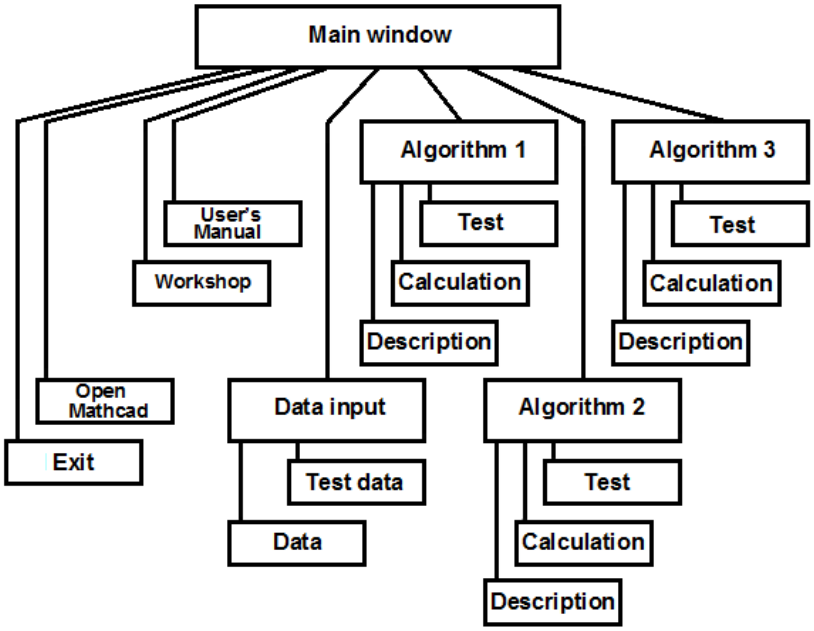


Рис. 1. Структурна схема додатку для розрахунків параметрів фотоелектричних перетворювачів сонячних батарей

Кнопка «Help» також містить меню з двох пунктів. Пункт «User's Manual» відкриває документ з інструкцією користувача. Пункт «Workshop» відкриває файли формату .pdf, де розташовані літературні джерела, які містять відомості про всі запропоновані розрахункові методи.

[1] Мигунов Я. Н. Моделирование солнечного элемента в графической среде Simulink. Молодежный н.-т. вестн. № 5 (2015). М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана. [Електронний ресурс]. Режим доступа: http://sntbul.bmstu.ru/doc/791154.htm
[2] Гременок В. Ф., Тиванов М. С., Залесский В. Б. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. Минск: Изд. Центр БГУ. (2007). 222 с.
[3] Коваль О. С., Тиванов М. С. Определение параметров солнечного элемента из его световой вольт-амперной характеристики. Вестн. БГУ. Сер. 1. № 2 (2012). С. 39-44.

SOFTWARE APPLICATION FOR CALCULATIONS OF PARAMETERS OF PHOTOVOLTAIC CELLS OF SOLAR BATTERIES

A. Tonkoshkur, V. Usenko
Oles Honchar Dnipro National University
tonkoshkuras@ukr.net

Elements of the structure and user interface of the application developed for calculating the parameters of photoelectric cells of solar panels are presented.

The software application is based on the use of algorithms for calculating the parameters of photovoltaic cells from their CVC using the reference fill factor, their angles relative to the axes of coordinates and the areas under them, which are designed in the form of Mathcad programs.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СЕЛЕКЦІЇ ВІДЕОПОТОКУ НА ОСНОВІ ДЕТЕКТОРА РУХУ

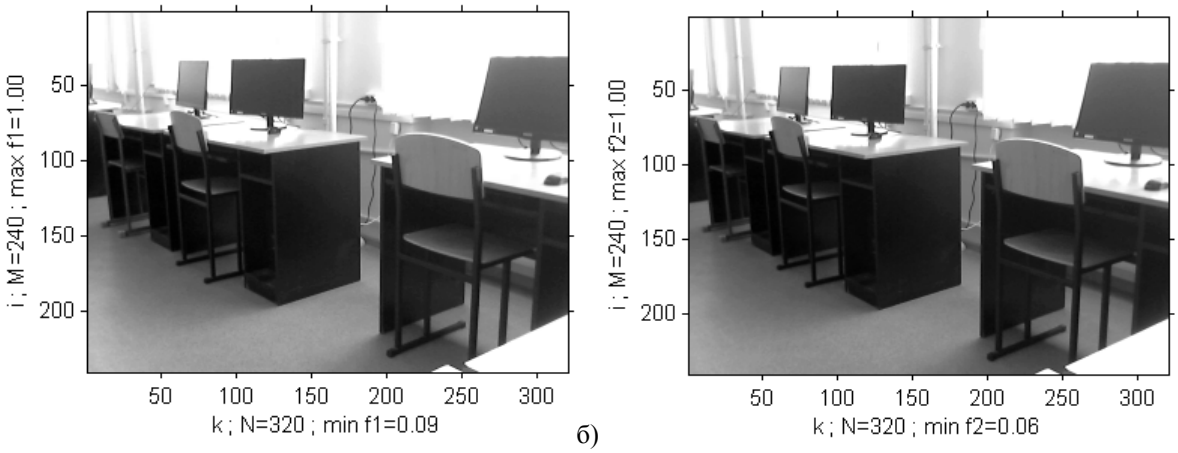
С. Баловсяк, М. Гундерак, С. Мельничук, О. Пшеничний
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
s.balovsyak@chnu.edu.ua

Завдання селекції відеопотоку на основі детектора руху є важливим для систем відеоспостереження, оскільки дозволяє уникнути дублювання подібної інформації. В результаті селекції відеопотоку для подальшого оброблення і збереження використовуються тільки ті кадри, які суттєво відрізняються від попередніх, наприклад, на яких з'являються нові об'єкти [1]. Проте обчислення різниці кадрів як різниці яскравостей двох цифрових зображень дає значну похибку, оскільки яскравість кожного зображення залежить не тільки від об'єктів сцени, але й від положення відеокамери та умов освітлення. Тому в даній роботі запропоновано обчислювати різницю двох кадрів відеопотоку на основі їх енергетичних спектрів Фур'є, оскільки такі спектри нечутливі до зміщень об'єктів на зображеннях [2]. Розроблений метод селекції відеопотоку програмно реалізовано в системі MATLAB [2], при цьому підтримується як режим зчитування кадрів з USB-відеокамери, так і зчитування кадрів із графічних файлів.

Запропонований метод полягає в наступному. Спочатку зчитується зображення еталону $f_1 = (f_1(i, k))$, де $i = 1, ..., M$, $k = 1, ..., N$; M, N – розміри зображення (рис. 1а). Зображення зчитуються у відтінках сірого, а їх яскравість нормується до 1. Далі зчитується наступне зображення з відеопотоку – зображення зразка f_2 (рис. 1б). Яскравість зображення зразка f_2 нормується до яскравості f_1, після чого обчислюється модуль їх різниці f_d та корінь середньої квадратичної похибки R_{q12} між значеннями f_1 та f_2 (рис. 2а). При цьому для різних зображень однієї сцени (рис.1) отримується значна різниця R_{q12} (рис. 2а) за рахунок зміщення відеокамери і зміни умов освітлення. Тому в роботі для опису зображення f_1 використано його енергетичний спектр P_{S1}, який обчислюється як квадрат спектру Фур'є F:

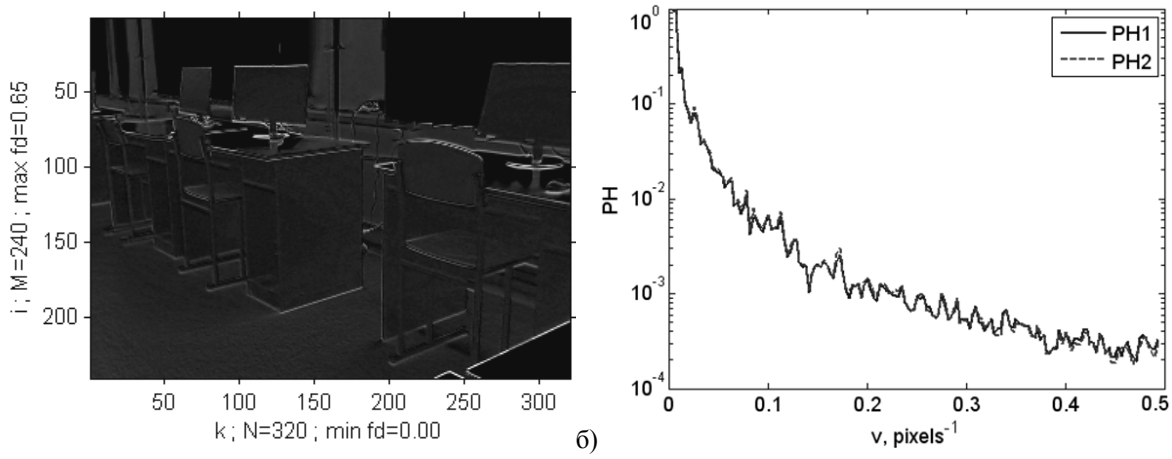
$$F(m,n) = \sum_{i=1}^{M} \sum_{k=1}^{N} f_1(i,k) \times \exp\left(-j \cdot 2\pi \left(\frac{m \cdot (i-1)}{M} + \frac{n \cdot (k-1)}{N} \right) \right), \quad (1)$$

де m, n – номери частот, $m = 1, 2, ..., M$; $n = 1, 2, ..., N$; j – уявна одиниця.



а) б)

Рис. 1. Зображення еталону f_1 (а) та зразка f_2 (б)



а) б)

Рис. 2. Різниця зображень f_d (R_{q12} = 0.0640) (а) та різниця горизонтальних розподілів P_{H1} та P_{H2} енергетичного спектру (R_{H12} = 0.0035) (б) для зображень еталону і зразка (рис. 1)

Спектр P_{S2} для зображення f_2 обчислюється аналогічно. Номерам частот (m, n) відповідають значення частот (u, v) на спектрі за висотою та шириною відповідно. Для наступного аналізу використано горизонтальні P_{H1}, P_{H2} (рис. 2б) та вертикальні P_{V1}, P_{V2} розподіли енергетичних спектрів P_{S1} і P_{S2}, при цьому розподіли P_{H1} нормуються до 1, а розподіли P_{H2} нормуються до P_{H1}. Подібність спектрів зображень оцінюється за допомогою кореня середньої квадратичної похибки (КСКП) R_{H12} між значеннями P_{H1} та P_{H2} (рис. 2б), а також КСКП R_{V12} між значеннями P_{V1} та P_{V2}. Таким чином, для подібних зображень значення похибки R_{H12} є незначним (R_{H12}<0.005) (рис. 2б), але при суттєвій зміні зображення (наприклад, появі нового об'єкту) похибка R_{H12} різко зростає і таке зображення використовується для подальшого оброблення і зберігання.

Аналіз експериментальних результатів показав, що у випадку появи на зображенні нового об'єкту значення R_{H12} та R_{V12} зростають ≈3 рази більше, ніж похибка R_{q12}. Таким чином, розроблений метод селекції зображень з врахуванням їх спектрів дозволяє точніше виділяти зображення з новими або зміненими об'єктами.

[2] Bovik A.L. The Essential Guide to Image Processing. Elsevier Inc. (2009). 853 p.
[2] Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М. : Техносфера (2006). 616 с.

SOFTWARE FOR VIDEO SELECTION ON THE BASIS OF MOVEMENT DETECTOR

S. Balovsyak, M. Hunderak, S. Melnychuk, O. Pshenychnyi
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
s.balovsyak@chnu.edu.ua

The software in MATLAB for the selection of video stream based on the motion detector has been developed. It is proposed to calculate the difference of two frames of video stream based on their Fourier power spectra, since such spectra are insensitive to displacements of objects in images. For the next analysis, the horizontal and vertical distributions of power spectra are used. The similarity of spectra of images is estimated using the root of the mean square error between the values of their horizontal and vertical distributions. The developed method of video image selection allows to precisely allocating images with new or changed objects.

СТВОРЕННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ПЛАНУВАННЯ ТА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ФІЗИКО-ХІМІЧНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ НАНОМАТЕРІАЛІВ

А. Горбань, С. Цололо
Донецький національний технічний університет,
anton.stroncii@gmail.com

Поточні наукові дослідження у сфері оксидних наноматеріалів потребують швидкого відгуку на потреби сучасного матеріалознавства. Це призводить до необхідності швидко змінювати хімічні склади та режими синтезу складних оксидних наноматеріалів, що висуває жорсткі вимоги до швидкості планування та контролю лабораторного експерименту. Процес хімічного синтезу нанопорошків складається з кількох послідовних стадій (розрахунок складів, приготування розчинів солей, осадження, фільтрування, сушіння тощо), які зараз виконуються оператором синтезу у ручному режимі. Це призводить до накопичення помилок в процесі синтезу та ускладнює процес контролю за перебігом експериментів. Обладнання для характеризації нанопорошків є частково комп'ютеризованим, але воно зазвичай роздрібнено по різним робочим містам або навіть декількома лабораторіями, що не дозволяє науковому співробітнику швидко проводити комплексну обробку досліджень.

Крім того, в сучасній Україні набирає обертів швидке інтегрування у європейський науковий простір у рамках наукових європейських програм та стажувань, зокрема Horizon 2020, що також веде до необхідності створення «розумної» лабораторії [1] за аналогією із широко поширеними розумними будинками та інтернетом речей. В таку лабораторію можуть бути інтегровані не тільки наявні прилади та методики обчислювання результатів, але й обладнання лабораторій-партнерів.

Отже, в роботі розглянуті основні аспекти створення комп'ютеризованої системи планування і проведення експериментів фізико-хімічної лабораторії наноматеріалів, загальну схему якої наведено на рис. 1.

Рис. 1. Схема фізико-хімічної лабораторії наноматеріалів

Лабораторія будується у вигляді модульної системи, що дозволяє легко переформовувати її для поточних потреб. Модульність системи обумовлює створення окремих апаратних рішення для кожного з модулів, що будуть об'єднані в єдину апаратно-програмну систему.

На основі аналізу загальної схеми системи (рис. 1) можна виділити чотири основні модулі комп'ютеризованої системи:

1. Блок роботи з даними.
2. Блок планування експерименту.
3. Блок виробництва наноматеріалів.
4. Блок аналізу готового продукту.

Для реалізації *блоку роботи з даними* необхідно:

- провести детальний аналізу усіх експериментів, що можуть бути створенні на базі існуючих апаратних рішень лабораторії;
- розбити експерименти на відповідні етапи;
- створити загальні структури даних для систематизації інформації;
- розробити базу даних для збереження етапів експериментів та їх результатів.

Блок планування експерименту є програмною підсистемою, яка дозволяє створити план проведення експерименту із розташуванням усіх етапів у необхідній послідовності, а також розрахувати необхідні ресурси та час експерименту.

Блок виробництва наноматеріалів містить апаратно-програмні рішень, які виробляють необхідний матеріал згідно із експериментом, що був запланованим за допомогою перших двох блоків. Розробка елементів блоку виробництва передбачає об'єднання як вже існуючого обладнання, що працює в ручному режимі, так і розробку нових апаратно-програмних рішень, що об'єднуються у єдину керовану систему.

Блок аналізу готового продукту базується на сукупності експериментальних фізико-хімічних методів характерізації готового продукту, зборі та зберігання цієї інформації у базі для подальшого аналізу. Для реалізації цього блоку необхідно розробити програмне забезпечення обчислення характеристик отриманого в експерименті матеріалу за відомими фізичними моделями.

Отже, в роботі пропонується комп'ютеризована систему «розумної» фізико-хімічної лабораторії оксидних наноматеріалів із модульною структурою. Блоки системи відповідають процесам планування, керування та контролю експерименту. Використання комп'ютеризовану систему контролю та керування науковою лабораторією дозволить підвищити швидкість та якість проведення експериментів за рахунок видалення випадкових помилок.

[1] Frey J.G. Dark Lab or Smart Lab: The Challenges for 21st Century Laboratory Software. Org. Proc. Res. Dev.8 (2004), P. 1024-1035.

CREATION OF SOFTWARE SISTEM OF PLANNING AND CONDUCTING OF EXPERIENCE OF PHYSICO-CHEMICAL LABORATORY OF NANOMATERIALS

A. Gorban, S. Tsololo
Donetsk NationalTtechnical University
anton.stroncii@gmail.com

Aspects of physico-chemical smart laboratory building are seen in work. Based on analysis of building scheme of physico-chemical laboratory of nanomaterials the main blocks for creation of hardware and software systems are chosen. There are the block of working with a data, the block of experiment planning, the block of chemical synthesis of nanomaterials, block of nanomaterials characteristics analysis. It allows optimizing as the technological process of nanomaterials obtaining and as the all experiments for nanomaterials characterization in physico-chemical laboratory of oxide nanomaterials.

ОСОБЕННОСТИ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПРИ СЕГМЕНТАЦИИ МРТ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Л. Ахметшина, С. Митрофанов
Днепровский национальный университет им. О. Гончара,
mitrofanov.stas@hotmail.com

Сегментация изображений предполагает выделение однородных областей или объектов интереса и является важным шагом при обработке медицинских изображений. В частности, изображения МРТ являются очень сложными для анализа и интерпретации из-за неоднородности распределения интенсивности яркости и высокого уровня шума, что не позволяет эффективно использовать стандартные алгоритмы кластеризации. Кроме этого, количество рассматриваемых кластеров (как правило соответствующих количеству типов тканей) обычно больше, чем размерность исходных данных.

В настоящее время при диагностике с использованием МРТ широко применяются нечеткий подход, в частности метод нечеткой кластеризации Fuzzy C-mean (FCM), который был разработан Данном в 1974 году и предлагает мощные инструменты для решения проблемы, связанные с неопределенностью [1].

Существует значительное количество модификаций базового алгоритма FCM, которые направлены на решение конкретных задач. Например, алгоритм предложенный J.F. Kolen позволяет работать с FCM в реальном времени и обеспечивает высокое быстродействие. Anand Gaonkar ввел модификацию FCM для снижения чувствительности к шуму, а Zhihao Wang предложил FCM с использованием локальной и глобальной информации пикселей [2].

Особый интерес представляют такие методы, которые с одной стороны, позволяют автоматизировать процесс определения необходимого количества кластеров, требуемых для выполнения объективного анализа (выделения объекта интереса), а с другой − учитывать возможную неоднозначность принадлежности исходных данных к различным классам, что присуще нечетким алгоритмам. Так, в работе [3] рассматривается метод кластеризации sFCM, который основывается на использовании в рамках одного алгоритма нечеткого подхода и нейронной сети Кохонена с целью автоматизации определения числа кластеров в процессе обработки исходных данных.

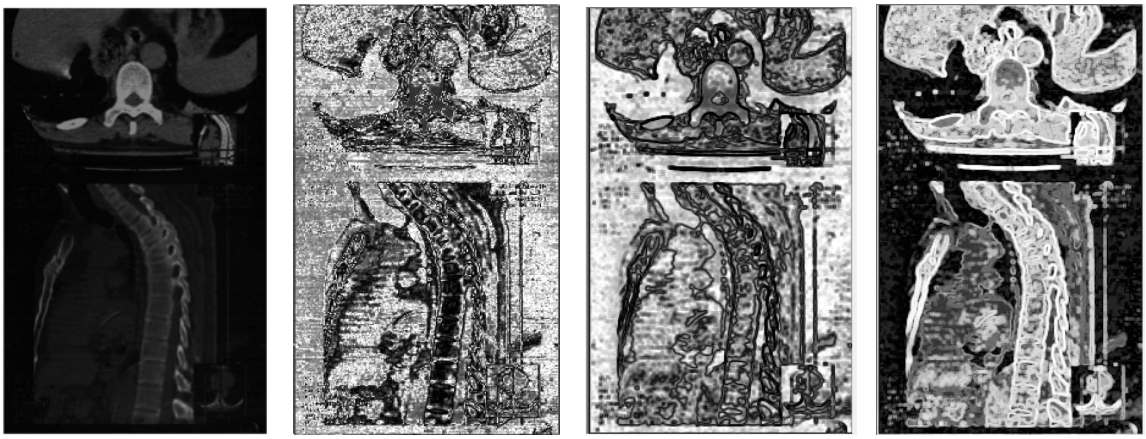
Сложность выбора метода для решения конкретной задачи заключается в том, что априори неизвестно наличие и характеристики объекта интереса, какие исходные данные или их производные наиболее эффективны с точки зрения повышения достоверности кластеризации. При увеличении размерности входного вектора за счет различных преобразований отрицательным фактором может стать наличие корреляции между входными признаками, увеличение времени обработки, появление артефактов.

В докладе рассматривается влияние на изменение чувствительности сегментации МР изображений дополнительных информативных каналов за счет создания дополнительных полос изображений с использованием нелинейных функций и на основе локального преобразования уровней яркости исходных данных, а также приводится сравнение различных методов дефаззификации.

На рис. 1 представлены результаты сегментации томограммы (рис. 1 а) с использованием базового метода FCM (рис. 1 б), с расширением размерности

исходного пространства за счет учета значений яркости ближайших соседей для различных методов дефаззификации (рис. 1 в, г).

Представленные эксперименты были проведены для изображений, приведенных к диапазону 0..1. Начальная инициализация центров классов для метода FCM производится с помощью метода С-средних, причем максимальное количество итераций при его использовании – 100.



а) б) в) г)

Рис. 1. Сегментация МРТ снимка: а – исходное изображение; б – метод FCM; в, г – с расширением входного пространства для различных методов дефаззификации

Выводы. Различные способы формирования входного вектора влияют на чувствительность и достоверность сегментации, а определение необходимого набора преобразований определяется поставленной задачей. Функция принадлежности каждого класса содержит дополнительную информацию. Комбинированное использование различных векторов и предобработок данных также способствует изменению чувствительности и достоверности сегментации.

[1] Joseph DC. Well-separated clusters and optimal fuzzy partitions. J Cybernetics 1974; 4: 95-104.
[2] Dave RN, Sen S. Robust fuzzy clustering of relational data. IEEE Transact Fuzzy Syst 2002; 10: 713-727.
[3] Ахметшина Л.Г., Егоров А.А. Сегментация низко контрастних изображений алгоритмом гибридной кластеризации SOM-FCM // Системные технологии. 2008. № 2 (55). С. 34 - 40.

FEATURES OF FUZZY CLUSTERING IN THE SEGMENTATION OF MRI IMAGES

L. Akhmetshina, S. Mitrofanov
Oles Honchar Dnipro National University
mitrofanov.stas@hotmail.com

The report provides an analysis of the existing fuzzy clustering methods and its usage in an MRI analysis.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ К ВЗЛОМУ СИСТЕМЫ ПАРОЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ СУБД ORACLE

В. Есин, Д. Ганжа
Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина

База данных (БД), как важнейший корпоративный информационный ресурс, является одним из наиболее уязвимых и привлекательных элементов информационной системы (ИС) для злоумышленников, которых интересует и внутренняя операционная, финансовая информация компании, и персональные данные сотрудников, и информация о заказчиках, клиентах, продуктах интеллектуальной собственности, и результаты исследования рынка, и многое другое. При этом, как показывает многолетний опыт различных международных исследовательских групп и компаний [1], специализирующихся на проведении аудита безопасности информационных систем и тестирования на проникновение, слабая парольная политика или повсеместное ее несоблюдение, зачастую, приводит к возможности компрометации ИС, и как следствие, позволяет реализовать несанкционированный доступ к информации различного уровня конфиденциальности. Несмотря на то, что согласно международному стандарту ISO/IEC 27001-2013 (приложение А, пункт А.9.4) контроль доступа к системе и приложениям должен предотвратить несанкционированный доступ, а система управления паролями должна гарантировать пароли надлежащего качества. Группа исследователей из Китая и Великобритании на конференции ACM Conference of Communication and Systems Security продемонстрировала наглядный пример того, чем опасны массовые утечки пользовательских данных [1]. В докладе, представленном группой, приведена весьма неприглядная статистика [1]: проведенные атаки на пароли обычных пользователей оказались успешными в 73% случаев (на подбор пароля в среднем приходилось 100 попыток), с подбором паролей технически квалифицированных пользователей результат был несколько скромнее – атаки были успешны лишь в 32% случаев; порядка 0,79-10,44% паролей, заданных самими пользователями, были подобраны, на основании списка из десяти самых худших паролей, выявленных в ходе любой свежей утечки данных; основной проблемой по-прежнему остается повторное использование паролей.

Естественно, первое, что делает злоумышленник при попытке проникновения в систему, – это проверка стандартных имен пользователей и паролей, устанавливаемых производителем. В Интернете существует большое количество сайтов, предоставляющих исчерпывающую информацию о стандартных учетных записях для производителей программного и программно-аппаратного обеспечения. Так в начале декабря 2017 года аналитики компании 4iQ обнаружили в DarkNet огромную интерактивную базу, общим объемом боле 41 Гб, содержащую более 1,4 млрд учетных данных в формате простого текста (в которой содержится 385 млн новых парах логин/пароль и 318 млн новых скомпрометированных пользователей) [3]. Что касается СУБД, то проблема стандартных паролей усугубляется еще и тем, что в отличие от большинства систем, где стандартные пароли устанавливаются для одного пользователя – администратора, и ему, как правило, предлагается сменить их при установке, в такой СУБД, как Oracle, изначально создается множество учетных записей со стандартными паролями, о существовании которых администраторы зачастую и не догадываются. В результате чего СУБД, даже с последними установленными обновлениями, может быть скомпрометирована любым желающим, способным найти в Интернете список стандартных логинов и паролей. Поэтому в рамках защиты БД, с учетом различных типов атак паролей, таких как: атака грубой силой; атака по

словарю; атака с использованием радужных таблиц; получение контроля над хешами; неверной настройки файлов паролей и некоторых других, в рамках защиты БД, реализованной на платформе СУБД Oracle, были проанализированы различные методики управления паролями, включая изменение паролей с заданными интервалами, проверку паролей на сложность, предотвращение повторного использования старых паролей, возможность реализации криптографических механизмов при использовании пароля пользователя.

Даны рекомендации по применению некоторых подходов, позволяющих уменьшить угрозу компрометации паролей пользователей и несанкционированного доступа к данным, таких как: *своевременные действия администратора БД* по изменению паролей всех созданных по умолчанию учетных записей пользователей – немедленно после создания базы данных (при необходимости блокирования учетных записей); *ограничение срока действия пароля*. Максимальный срок действия пароля целесообразно ограничить 30-90 днями. Срок действия пароля должен ограничиваться не только сверху, но и снизу; *ограничения на содержание пароля*. В качестве пароля может быть выбрана не произвольная строка символов, а только такая, которая удовлетворяет определенным условиям, таким как: длина, пароля не должна быть меньше некоторого количества символов (на сегодняшний день в литературе по компьютерной безопасности рекомендуется запрещать использование паролей короче 6-10 символов, Oracle рекомендует использовать управление паролями с помощью профилей, в частности, часто менять пароль и выбирать пароли не короче 12 или даже 12-30 символов); в пароль должно входить по крайней мере 5-7 различных символов; в пароль должны входить как строчные, так и заглавные буквы; пароль пользователя не должен совпадать с его именем; пароль не должен присутствовать в списке «легко угадываемых» паролей и некоторые другие; *использование более сложного системного идентификатора Oracle* – SID; *шифрование сетевого трафика*. С включенной опцией шифрования сетевого трафика защищаются не только конфиденциальные данные передаваемые для выполнения транзакций, но и некоторые другие данные (например, SID в процессе аутентификации); *использование современных протоколов аутентификации*; *использование новых криптографических примитивов* при организации хранения низкоэнтропийных данных (пароля пользователя) вместо простого хэша, с возможностью без нарушения исходных принципов работы схем выработки ключевой информации из парольной информации (стандарт PBKDF2), использовать в нем криптографические механизмы из национальных стандартов.

[1] Targeted Online Password Guessing: An Underestimated Threat / [Ding Wang, Zijian Zhang, Ping Wang, Jeff Yan, Xinyi Huang] // Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC conference on computer and communications security. – ACM, 2016. – P. 1242-1254.

[2] Julio Casal J. 1.4 Billion Clear Text Credentials Discovered in a Single Database [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://medium.com/4iqdelvedeep/1-4-billion-clear-text-credentials-discovered-in-a-single-database-3131d0a1ae14.

ANALYSIS OF THE RESISTANCE TO CRACKING OF THE PASSWORD PROTECTION SYSTEM OF ORACLE DBMS

V. Yesin, D. Hanzha

V. N. Karazin Kharkiv National University

Approach to a password choice according to criterion "convenience protection" is offered. The further directions of development of technologies for protection of the password in Oracle DBMS are considered.

ОСОБЕННОСТИ СЛУЖБЫ MS REPORTING SERVICES ДЛЯ ЗАДАЧ ПОСТРОЕНИЯ ОТЧЕТОВ

К. Дегтярь, В. Герасимов, Н. Матвеева
Днепровский национальный университет им. Олеся Гончара
kostya9304@gmail.com

Важной частью развития любой компании является своевременное получение информации о выполненной работе, заказах, убытках или полученной прибыли, что дает возможность отделу аналитиков спрогнозировать дальнейший рост или предотвратить возможные убытки. Как правило данные, особенно биржевые, уже в течение дня теряют свою актуальность, и сделанный утром отчет к полудню может оказаться не востребованным, а для создания ежечасного отчета требуются дополнительные затраты. Крупные компании могут себе их позволить, но отбросив концепцию идеального мира и такой же компании, становится ясно, что дополнительные затраты пагубно влияют на прибыль. Именно с этой целью был создан Reporting Services, один из важных компонентов Microsoft SQL Server (рис. 1).

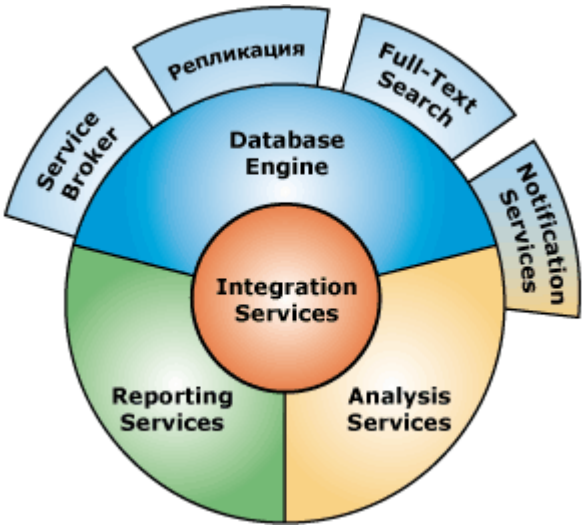


Рис. 1. Схема служб Microsoft SQL Server

Reporting Services (SSRS) обеспечивает функциональные возможности формирования веб-отчетов в рамках предприятия, позволяя создавать отчеты на основе данных из множества источников, публиковать их в разных форматах, централизованно управлять безопасностью и подписками.

Немаловажной особенностью Reporting Services является возможность создания мобильных отчетов [1]. Мобильные отчеты в службах Reporting Services представляют собой специализированные отчеты, оптимизированные для широкого ряда форм-факторов и обеспечивающие оптимальную работу с данными на мобильных устройствах. Мобильные отчеты содержат различные визуальные элементы, от диаграмм временных, по категориям и сравнительных до древовидных и пользовательских карт. Подключив мобильные отчеты к различным источникам данных, включая локальные многомерные и табличные данные служб SQL Server Analysis Services [2], Вы получаете возможность отслеживать все движения с помощью динамического отчета, сразу адаптированном для портативных устройств. Мобильные отчеты можно сохранять на сервере служб Reporting Services, а затем просматривать в

браузере или мобильном приложении Power BI на устройствах iPad, iPhone, Android и Windows 10.

Используется новый механизм визуализации HTML5, ориентированный на современные полнофункциональные веб-стандарты и современные браузеры. Новый механизм визуализации больше не зависит от режима Quirks, используемого в некоторых старых браузерах, что значительно облегчает работу аналитика, поскольку он более не зависим от типа браузера. Это дает доступ к новым, современным стилям для диаграмм, графиков и других средств визуального представления данных, что позволяет создавать современные удобные отчеты.

Службы Reporting Services предлагают несколько возможностей для предоставления богатых интерактивных отчетов. Одной из этих возможностей является переход ко второму отчету из текущего первичного отчета. Этот тип отчета, называемый сквозным отчетом, обычно используется для предоставления дополнительной информации о конкретном элементе отчета или точке данных в текущем отчете. Например, представьте себе сводный отчет о продажах, который идентифицирует каждого клиента и общий объем продаж для клиента. Сквозные отчеты могут включаться в записях клиентов для предоставления связанной информации, такой как контактная информация или записи о продажах, для предоставления подробных транзакций, которые составляют совокупные продажи [3].

В заключении хочется отметить, что с приходом на рынок Microsoft Reporting Services упростилась задача создания отчетов, мониторинг изменения данных, связей данных, а в последнее время и мобильность отчетов, поскольку намного проще получить свежий, адаптированный отчет на своё мобильное устройство и ознакомиться с ним, возможно, приняв стратегические решения. Так же стоит отметить, что использование вместе таких важных компонентов платформы MS SQL Server как Microsoft Integration Services, Analysis Services и Reporting Services создает симбиоз мощных инструментов для работы любого предприятия, повышая тем самым продуктивность труда как аналитических отделов, так и операторов базы данных.

[1] Новые возможности служб SQL Server Reporting Services (SSRS) [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/reporting-services/what-s-new-in-sql-server-reporting-services-ssrs?view=sql-server-2017

[2] Герасимов В. В., Дегтяр К. К., Карпенко Н. В. Манипулирование данными и многомерный анализ. Международная конференция "Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2017". Сборник трудов. Д.: НГУ. (2017). С. 345-352.

[3] Paul Turley, Robert M. Bruckner. Microsoft SQL Server Reporting Services Recipes: for Designing Expert Reports. Indianapolis: Wiley. (2010). 652 p.

FEATURES OF MS REPORTING SERVICES FOR THE CONSTRUCTION OF REPORTS

K. Degtyar, V. Gerasimov, N. Matveeva

Oles Honchar Dnipro National University

The article discusses the capabilities of the Microsoft SQL Server platform and its Reporting Services service in more detail. The most important features of this platform were highlighted, such as mobile and end-to-end reports, visualization mechanisms HTML5, as well as relevance in modern realities.

АНАЛИЗ СТОЙКОСТИ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ HORS К АТАКЕ ТИПА ЭКЗИСТЕНЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕЛКА

А. Марухненко, Г. Халимов
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
oleksandr.marukhnenko@nure.ua

Значительная часть используемых в настоящее время асимметричных криптоалгоритмов уязвимы перед квантовыми компьютерами, возможности которых с каждым годом растут. В связи с этим ведутся серьёзные исследования в области постквантовой криптографии. Среди возможных решений следует отметить алгоритмы цифровой подписи с использованием хэш-функций Gravity-SPHINCS и SPHINCS+, данные алгоритмы имеют сложную структуру, включающую ряд более простых механизмов: ЦП Винтерница (W-OTS), ЦП HORST, деревья Меркли и другие.

В рамках данной работы будет проанализирован алгоритм цифровой подписи HORS (Hash to Obtain Random Subset), в последствии модифицированный в HORST. Рассматриваемый алгоритм предоставляет возможность многоразовой подписи, однако, публикация каждой новой подписи снижает стойкость секретного ключа, т.е. одну ключевую пару безопасно использовать не более некоторого количества раз, зависящего от выбранных параметров. Параметры:

1) $t = 2^{\tau}$ - размер множества ключей.
2) k – количество элементов в подписи, $k\tau = n$.

Секретный ключ. Массив из t случайных m-битных значений (или одно число, которое разворачивается в массив генератором псевдослучайных последовательностей).

$$SK = (sk_0, sk_1, ..., sk_{t-1}) \quad (1)$$

Открытый ключ. Массив хэшей секретного ключа.

$$PK = H(SK) = (H(sk_0), H(sk_1), ..., H(sk_{t-1})) = (pk_0, pk_1, ..., pk_{t-1}) \quad (2)$$

Создание подписи. Вычисляется хэш сообщения и разбивается на k блоков по τ бит: $H_c(M) = (h_0, h_1, ..., h_{k-1})$ (3)

Подпись – подмножество из (1) с индексами из (3)

$$\sigma = (\sigma_0, \sigma_1, ..., \sigma_{k-1}) = (sk_{h_0}, sk_{h_1}, ..., sk_{h_{k-1}}) \quad (4)$$

Проверка подписи. Элементы подписи хэшируются и сравниваются с соответствующими элементами открытого ключа.

$$H(\sigma) = (H(\sigma_0), H(\sigma_1), ..., H(\sigma_{k-1}))$$

$$H_c(M') = (h'_0, h'_1, ..., h'_{k-1})$$

$$z = (pk_{h'_0}, pk_{h'_1}, ..., pk_{h'_{k-1}})$$

Если $H(\sigma) = z$ подпись корректна.

В дальнейшем будем предполагать, что используемая криптографическая хэш-функция обладает хорошими статистическими свойствами, близкими к истинно случайной последовательности, и появление в подписи любого элемента секретного ключа равновероятно. Если было создано r подписей, вероятность экзистенциальной подделки вычисляется по формуле $P = \left(\frac{rk}{t}\right)^k$ (5), стойкость соответственно равна

$S = k(\log t - \log k - \log r)$ (6) бит. Размер подписи равен $SignSize = m * k$ бит, размер открытого и секретного ключей $KeySize = t * m$.

Оценим стойкость подписи для наиболее часто используемых длин хэшей 256 и 512 бит (размер ключей рассчитывался для *m=128*, выделены ячейки со стойкостью ниже 128 бит).

Таблица 1. Результаты расчетов для *n=256*

k	t	PK size	r											
			1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048
32	2^8	4КБ	96	64	32	0	-	-	-	-	-	-	-	-
16	2^{16}	1МБ	192	176	160	144	128	112	96	80	64	48	32	16
8	2^{32}	4ГБ	232	224	216	208	200	192	184	176	168	160	152	144

Таблица 2. Результаты расчетов для *n=512*

k	t	PK size	r											
			1	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048
64	2^8	4КБ	128	64	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	2^{16}	1МБ	352	320	288	256	224	192	160	128	96	64	32	0
16	2^{32}	4ГБ	448	432	416	400	384	368	352	336	320	304	288	272

Из таблиц видно, что большая стойкость обеспечивается при увеличении *n* и уменьшении *k*. Первый способ приводит к увеличению размера подписи и времени её создания и проверки пропорционально длине хэша. Во втором случае экспоненциально возрастает размер ключей, что приводит к значительным затратам памяти на серверах, хранящих сертификаты, и у проверяющей стороны. Данная проблема устранена в системе HORST за счёт добавление хэш-деревьев, позволяющих снизить размер открытого ключа до *m* бит, но несколько увеличивающих время проверки подписи. Тем не менее, это не решает проблемы генерации и хранения секретных ключей большого размера у подписывающей стороны. Выбор подходящих параметров должен осуществляться индивидуально с учётом требуемой стойкости, технических возможностей пользователей и частоты создания пользователем ЦП.

[1] Leonid Reyzin and Natan Reyzin. Better than BiBa: Short one-time signatures with fast signing and verifying. In Lynn Batten and Jennifer Seberry, editors, In-formation Security and Privacy 2002, volume 2384 of LNCS, pages 1–47. Springer, 2002.

ANALYSIS OF DURABILITY OF DIGITAL SIGNATURE HORS TO EXISTENTIAL FORGERY ATTACK

A. Marukhnenko, G. Khalimov
Kharkiv national university of radio electronics
oleksandr.marukhnenko@nure.ua

In this work we analyzed the algorithm of electronic digital signature called HORS, it is based on hash-functions. One HORS key pair can be used for signing a finite number of messages, each new signature reduces system durability. Safety quantity of messages for different system parameters was computed.

СТВОРЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ НА КАФЕДРІ ФІЗИКИ ПДТУ

О. Цветкова, В. Нікітін
Приазовський державний технічний університет
tsvetkova_577@outlook.com

Вузівські плани організації навчального процесу з фізики традиційно включають лабораторний практикум, однак обсяг годин, що відводиться на цей вид роботи, неухильно скорочується. Крім того, набір класичних лабораторних робіт фізичного практикуму досить обмежений, а інструментарій для їх виконання нерідко застарілий і примітивний. Також слід зазначити, що деякі фундаментальні дослідження, які включені для вивчення в програму вищої школи, не можуть бути відтворені у навчальній лабораторії за деяких причин. До цього можна віднести і відсутність спеціального обладнання, а при наявності обладнання – складність його обслуговування, і забагаті витрати на проведення експерименту, а головне небезпека деяких експериментів, якщо, наприклад, при їх виконанні передбачається використання радіоактивних джерел, рентгенівського випромінювання, або газу під великим тиском при вивченні теми «реальні гази». В цьому випадку віртуальні лабораторні роботи (ВЛР) стають незамінною підмогою в навчальному процесі. Різні аспекти ВЛР досить активно обговорюються педагогами, психологами, фахівцями в області інформаційних технологій у нас в країні і за кордоном [1]. Однак хочеться додати ще одне: створення віртуальних лабораторних робіт. На кафедрі фізики ПДТУ ведеться розробка ВЛР, але створюють ці роботи студенти молодших курсів факультету інформаційних технологій. Це означає, що при розробці та створенні ВЛР відбувається не тільки доскональне вивчення студентами фізичного явища з усіма його тонкощами і нюансами, але і фактично виконується УІРС за фахом. Таким чином відбувається професійне зростання студента, яке обумовлено необхідністю самостійного вибору шляху вирішення поставленого завдання; яке полягає в освоєнні нових програмних продуктів, в застосуванні творчого підходу при візуалізації роботи.

Як показує аналіз віртуальних практикумів, доступних в мережі Internet, вони повторюють найбільш поширені реальні лабораторні роботи частіше середньої, ніж вищої школи. У той же час сучасні програмні продукти дозволяють створювати ВЛР, які і візуально і за методикою виконання максимально наближені до реального фізичного експерименту. Пропоновані нижче лабораторні роботи через свою складність навіть не були включені до переліку фізичного практикуму вузів. Так, в темі «Електричне поле» одним з фундаментальних є експеримент Р.Міллікена за визначенням заряду електрона, а в темі «Квантова оптика» ускладнений його варіант – це експерименти А. Ф. Іоффе і М. І. Добронравова по елементарному фотоефекту, в яких було експериментально підтверджено поширення випромінювання у вигляді окремих фотонів і квантовий характер взаємодії випромінювання з речовиною. У вище перерахованих експериментах спостереження за найдрібнішими ($d \sim 1$ мкм) зарядженими порошинами, що знаходяться в електричному полі, велося за допомогою мікроскопа; електричне поле було створено джерелом високої напруги; крім того, в досвіді Іоффе-Добронравова відбувалося опромінення порошинки рентгенівським випромінюванням, внаслідок чого вона втрачала елементарний заряд і починала рухатися. Для достовірності отриманих результатів провести один цикл вимірювань було недостатньо. З перерахованих вище причин випливає, що ці основоположні експерименти відтворити в навчальній лабораторії неможливо.

Авторами розроблена методика і створені програми віртуальних лабораторних робіт «Визначення заряду електрона в досвіді Милликена» (рис.1) і «Визначення заряду електрона в досвіді Іоффе-Добронравова» (рис.2). Програмний код написаний на мові С++ з використанням кроссплатформеного фреймворка Qt. На рисунках видно всі елементи управління. Програми передбачають створення розпилювачем різних за розмірами і заряду порошинок. Спостереження за рухом (спокоєм) зарядженої порошинки йде в реальному часі.

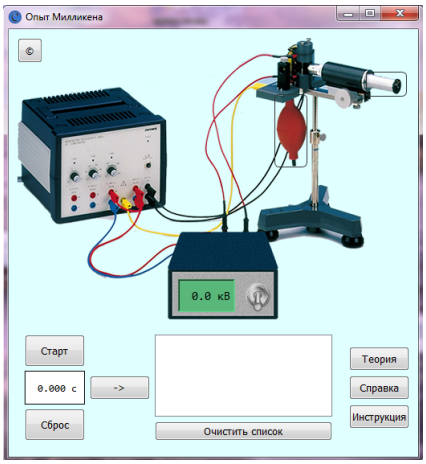


Рис. 1. Основне вікно програми «Опит Міллікена»

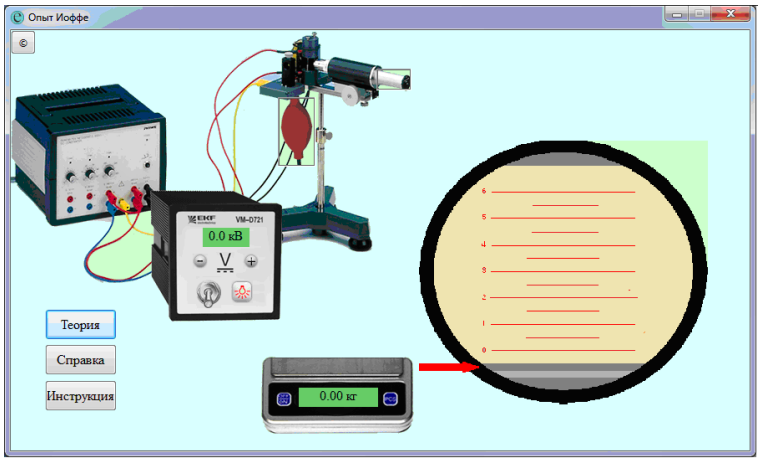


Рис. 2. Основне вікно програми «Опит Іоффе» в розгорнутому вигляді

Перевага такої комп'ютерної симуляції в її простоті: не потрібно обслуговувати лабораторний стенд, підбирати його параметри, не потрібен спеціальний персонал для допомоги студенту в проведенні роботи. Крім того, в комп'ютерній моделі можна спростити методику роботи, не змінюючи при цьому суті експерименту. Наприклад, в розробленій програмі «Досвід Іоффе» фотоефект проявляється миттєво з опроміненням порошинки, а не з інтервалом в 30 хвилин, як було в реальному експерименті. Роботи пройшли апробацію в навчальному процесі та знайшли інтерес і підтримку студентів.

[1] Бортник Б.И., Стожко Н.Ю., Судакова Н.П. Виртуальные лабораторные работы в вузовском курсе физики // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26766

CREATION AND USE OF VIRTUAL LABORATORY WORKS ON DEPARTMENT OF PHYSICS OF PGTU

O. Tsvetkova, V. Nikitin
Priazovsky State Technical University
tsvetkova_577@outlook.com

The virtual laboratory works "Determination of the electron charge in the experiment of Milliken", "Ioffe-Dobronravov's experiment" are presented. Works correspond to the program of the higher school. The advantage of using these virtual works in the educational process is substantiated.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕРВЕРУ БАЗИ ДАНИХ

Л. Ахметшина, О. Книш
Дніпровський національний університет ім. О. Гончара,
intdnp@gmail.com

В наступний час динаміка розвитку IT–технологій вимагає необхідності швидко реагувати на нові вимоги, та впроваджувати зміни з максимальною оперативністю. При цьому, майже у всіх сферах діяльності використовуються бази даних (БД).

Інформація, що зберігається в базі даних (БД), може бути самого різного типу наприклад, каталог продукції, інформація про клієнта, вміст веб-сайту тощо, та забезпечувати ефективний безперервний доступ до них.

Метою даної роботі є розгляд методів та засобів аналізу ефективності серверу SQL Server, який широко використовується для виконання різноманітних задач. Ефективне спостереження має на увазі регулярне створення звітів поточної продуктивності для виявлення процесів, що викликають неполадки, і постійний збір даних для відстеження тенденцій зростання або зміни продуктивності.

Апаратна частина будь-якого сервера складається з 4 основних компонентів: процесор, оперативна пам'ять, жорсткий диск, мережевий інтерфейс кожні з котрих підлягає контролю. Для моніторингу серверу MS SQL Server в Windows зручним засобом є стандартна утиліта *Performance monitor*, робоче вікно якого представлено на рис. 1 [1]. Найбільш важливими для контролю продуктивності є наступні параметри.

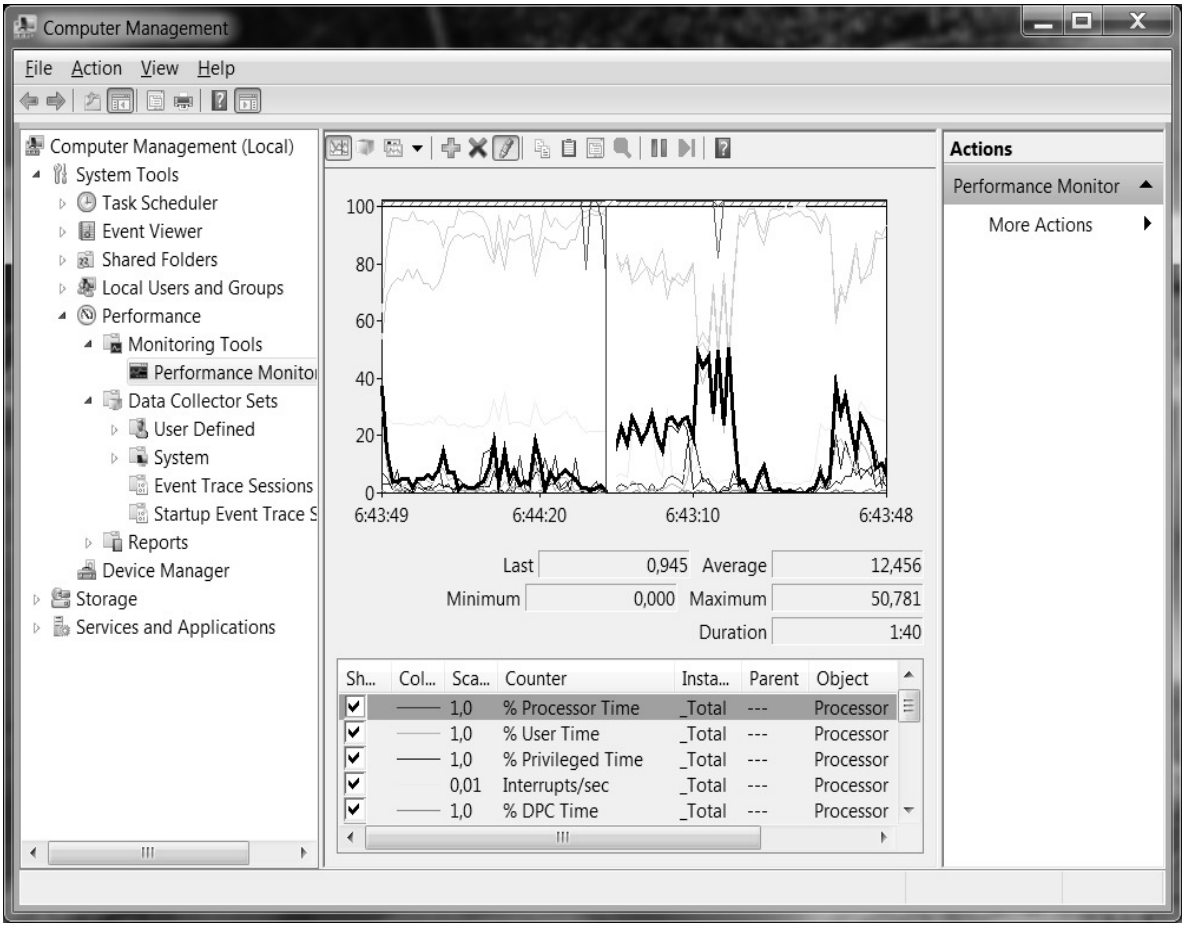


Рис. 1. Приклад роботи утиліти *Performance Monitor*

Privileged Time зручний для визначення надмірного завантаження ввода/вывода (I/O). Якщо його середнє значення перевищує 20%, а значення *Processor Time* істотно нижче 80%, це говорить про те, що SQL Server надто сильно утилізує систему I/O. В цьому випадку необхідно проаналізувати проект БД, завантаження RAID контролера і мережевої плати. Істотний вплив на *Privileged Time* можуть надавати процеси, які працюють паралельно з SQL-сервером, коли сервер використовується не тільки для обслуговування СУБД. Одним з найпоширеніших варіантів вирішення проблеми високою утилізації I/O є розміщення tempdb в ОЗУ.

Processor Queue призначений для діагностики черг процесорів. Якщо його значення більше ніж 2, це означає, що CPU працює з перевантаженням. Очевидно, що для вирішення цієї проблеми необхідні додаткові процесорні потужності.

Context Switches контролює перемикання контексту. Коли NT або SQL Server перемикають обслуговування процесором з одного потоку на інший и при цьому значення *Processor Queue* > 2, необхідно змінити число потоків, використовуваних SQL- сервером.

Thread Count відображає число активних потоків. Значення цього лічильника спільно з *Context Switches* можна використовувати для оптимального конфігурації SQL сервера, щоб знизити надмірну утилізацію CPU.

Virtual Bytes дозволяє визначити, скільки пам'яті використовує SQL-сервер і які програми використовують її недостатньо ефективно, а процес Working Set визначає об'єм пам'яті, яка використовується процесом.

Зміна конфігураційних налаштувань SQL- сервера після аналізу цих лічильників дозволить оптимізувати розподіл пам'яті між сервером БД, операційною системою і іншими додатками сервера [2].

Висновки. Приведений в доповіді аналіз на прикладі тестових даних показав, шо в цілому проблеми продуктивності SQL- сервера зазвичай залежать від конфігурації підсистеми зберігання. Частіше за все це відбувається через невиконання інструкцій та рекомендацій по конфігурації сховища. Найпоширенішими помилками є: розміщення журналів транзакцій и файлів БД в одному томі, невірна конфігурація БД TempDB , неправильне розміщення в розділах дисків, в яких знаходиться журнали транзакцій БД.

[1] Запуск системного монитора windows [Електронний ресурс]. Режим доступа: https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/relational-databases/performance/start-system-monitor-windows?view=sql-server-2017

[2] Производительность сервера и мониторинг активности [Електронний ресурс]. Режим доступа: https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/relational-databases/performance/server-performance-and-activity-monitoring?view=sql-server-2017

ANALYSIS OF THE DATA-BASED SERVER EFFICIENCY

L. Ahmetshina, O. Knysh
Oles Honchar Dnipro National University
intdnp@gmail.com

The report provides an example of an analysis of the performance of the MS SQL Server database server using the standard Performance monitor utility.

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОГО ПОДХОДА ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИТ

А. Литвинов, В. Герасимов, Н. Карпенко
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара,
karpenko_n@ffeks.dnulive.dp.ua

На текущий момент образование, связанное с подготовкой инженеров в области информационных технологий, переживает кризис. Ведутся дискуссии относительно того, по каким критериям следует проводить отбор поступающих, каким образом строить процесс обучения в стремительно развивающейся области компьютерной инженерии, как учитывать и эффективно использовать в образовании возможности, которые предоставляют современные технологии. При этом конечная цель не вызывает сомнений – выпуск инициативного, творчески ориентированного специалиста, способного разрабатывать и сопровождать сложные компьютерные системы. Такие выдающиеся ученые как R.Schank, N.Chomsky [1] сходятся в необходимости кардинального пересмотра всей системы существующей системы образования. Одной из реакций на возникающие проблемы является стандарт DigCompEdu, который ориентирован на широкое использование информационных технологий в процессе обучения. Однако является очевидным, что технологии являются лишь приложением к процессу, а сам процесс, его стратегия и базовые активности, на наш, взгляд еще не определены. Главный вопрос можно сформулировать так: «Как обучить студента строить сложные компьютерные системы?». В настоящее время акценты смещены в сторону информационных систем, однако их сложная организация, требующая знаний множества парадигм, методов не только в области конструирования, но и области управления является очевидной. Уместно вспомнить три качества инженера способного разрабатывать большие системы, определенные Goode и Machol еще в 1957 году: талант ученого, искусство конструктора, деловые качества администратора. Такой инженер не может и не должен быть сведущим во всех деталях и тонкостях сложной многоуровневой системы, но обладая базовыми знаниями и принципами, а также способностью к быстрому обучению, в диалоге с множеством узких специалистов, способен решать сложные технические задачи. Другое дело, что роль множества советчиков и узких специалистов в современном мире зачастую выполняют различные библиотеки, форумы, открытые проекты и множество медиа-ресурсов. К использованию технологий для обучений современные студенты подготовлены: широко используют в повседневной жизни для поиска информации и коммуникации мобильные устройства и Интернет. Однако с применением этих технологий для построения сложных проектов возникают трудности: как подходить к решению задачи, что является базовыми принципами создания сложных систем, какие проблемы разработки, отладки и сопровождения существуют и как их решать. Все это освоить без помощи трудно – этому следует учить.

И здесь мы сталкиваемся с проблемой: если следовать существующим программам и подходу «лекция – лабораторные работы – экзамен», то к построению приближенных к реальности систем студент подходит только к бакалаврскому диплому. Чтобы изменить ситуацию на наш взгляд необходимо делать ставку на выполнение коротких проектов по всем специальным дисциплинам уже со второго семестра первого курса, чтобы к четвертому курсу студенты привыкли к специфике разработки и были способны создавать реальные системы. Самостоятельная работа должна превалировать [2]. С первых курсов необходимо сфокусировать внимание на том, что результатом работы разработчика является сложный программный продукт, который должен отвечать требованиям, быть качественным, гибким и адаптивным.

Воплощая в жизнь вышесказанное, в работе [3], которая ориентирована на студентов младших курсов, рассматриваются вопросы построения простой информационной системы. При этом в упрощенном виде рассматриваются вопросы: управления требованиями, особенности жизненного цикла разработки программного продукта, использование шаблонов проектирования, элементы тестирования ПО. Предполагается, что представленный проект и шаги по его реализации служат основой для самостоятельной работы студентов над собственными проектами.

Однако при введении такого подхода в практику авторы столкнулись со следующими трудностями: самостоятельная работа без четких сроков принятия ведет к значительным простоям (т.е. очень низкая самодисциплина); привязанность к уже существующему подходу навязанному школьной системой приводит к ломке сознания, вызывает задержку адаптации к новым условиям; боязнь спросить преподавателя приводит к необоснованным простоям по простым вопросам; следование букве, отсутствие поиска альтернативных решений ведет к отсутствию дискуссии, формализму. Вместе с тем, необходимо отметить положительные сдвиги: студенты младших курсов в подавляющем большинстве осознали преимущества объектно-ориентированного программирования и использования шаблонов; необходимость использования стиля программирования; преимущество визуальных диаграмм UML; пользу тестирования; необходимость качественной переработки компонентов с целью их повторного использования.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы: вводить задания по разработке систем на младших курсах можно при наличии необходимых методических материалов и продуманной программы; проблемы связанные со сменой акцентов в сторону разработки систем есть, но они решаются, хотя и требуют дополнительных усилий и времени; необходимо уделять больше внимание самодисциплине и самообучению; рассматривать все альтернативны предложенные студентами; больше поощрять инициативу с целью ломки формализма в выполнении заданий.

[1] Bovitch S. Theory of Noam Chomsky [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.newfoundations.com/GALLERY/Chomsky.html
[2] Литвинов А.А., Карпенко Н.В. Особенности применения личностно-деятельного подхода при подготовке специалистов в области информационных технологий. // Системні технології. – 2018. – №1(114). – с. 79-84.
[3] Литвинов О. А., Герасимов В. В., Карпенко Н. В. Об’єктно-орієнтована розробка інформаційних систем. Монографія. /О. А. Литвинов, В. В. Герасимов, Н. В. Карпенко – Д.: Ліра, 2018. – 448 с.

ON USING ACTIVE LEARNING IN IT-SPECIALISTS EDUCATION

A. Litvinov, V. Gerasimov, N. Karpenko
Oles Honchar Dnipro National University
karpenko_n@ffeks.dnulive.dp.ua

This paper is devoted to issues of skillful IT-specialist preparation. It seemed that the best strategy is to involve students in real life information systems development process as earlier as it’s possible. It is obvious that the complexity of such projects is regulated by the scopes of the course and appropriate teaching materials are provided. Our experience allows us to say that some success was achieved, although implementation problems have persisted. The problems mainly connected to instructions-oriented approach made the students less initiative in study.

АПАРАТНІ Й ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ КЕРУВАННЯ СОРТОПРОКАТНИМ СТАНОМ 400/200

В. Горбачов
Дніпровський державний технічний університет
vladxaoc11@gmail.com

Технологічний процес в металургії нерозривно зв'язаний з автоматизацією цих процесів. Автоматизація ефективно застосовується на сучасному етапі розвитку металургії з метою досягнення зростання випуску продукції, підвищення її якості, показників ресурсозбереження, зменшення кількості обслуговуючого персоналу, поліпшення екології навколишнього середовища якості. На прокатному стані 400/200 використовуються логічні контролери Siemens, які автоматизують весь процес прокатного виробництва. Логічні контролери пов'язані між собою керуючими мережами з використанням загальних баз даних, які дозволяють автоматизувати керування металургією підприємства, що проявляється в аналізі виробничих процесів та управління ними.

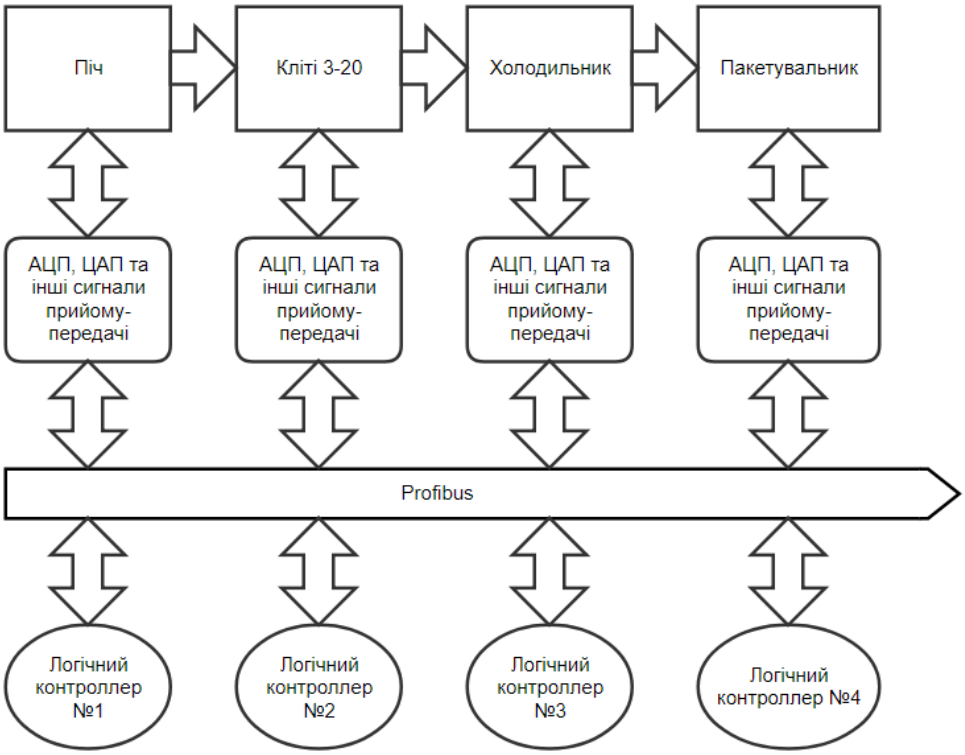


Рис. 1. Спрощена функціональна схема роботи прокатного стану

На функціональній схемі зображено як здійснюється керування сортопрокатним станом. Кожний логічний контролер відповідає за свій участок. Але всі вони зв’язані однією шиною протоколу передачі даних Profibus. Використовуються декілька контролерів так як це підвищує надійність та знижує навантаження на обробку даних. В кожному контролері написана програма на базі логічних елементів «І, АБО, АБО-НІ, І-НІ,» та таймерів, які дозволяють скласти логічну програму яка буде керувати будь яким процесом. Використання загальної бази даних дозволяє системі зупинки по аварії, коли натиснута кнопка аварії на одному з локальних пультів спрацює аварійна зупинка на усіх участках.

Передача інформації від пристроїв до логічного процесору здійснюється за допомогою протоколу передачі даних Profibus яка передає інформацію зі швидкістю 12 Мб/с.

Недоліки цієї передачі : занадто довгий заголовок пакета, який робить нераціональною передачу малих обсягів даних; відсутність можливості передачі живлення з мережевого кабелю, відносно висока вартість. [1]

Використання логічних елементів «І, АБО, АБО-НІ, І-НІ» та таймерів призводить до зростання інерційності системи, так на рис 2 зображено графік роботи ножа холодної різки після холодильника (1-заданий графік, 2-реально отриманий). З рис.2 видно затримка між подачею команди на пристрій (1) та її виконанням (2). Затримка складає 100мс.

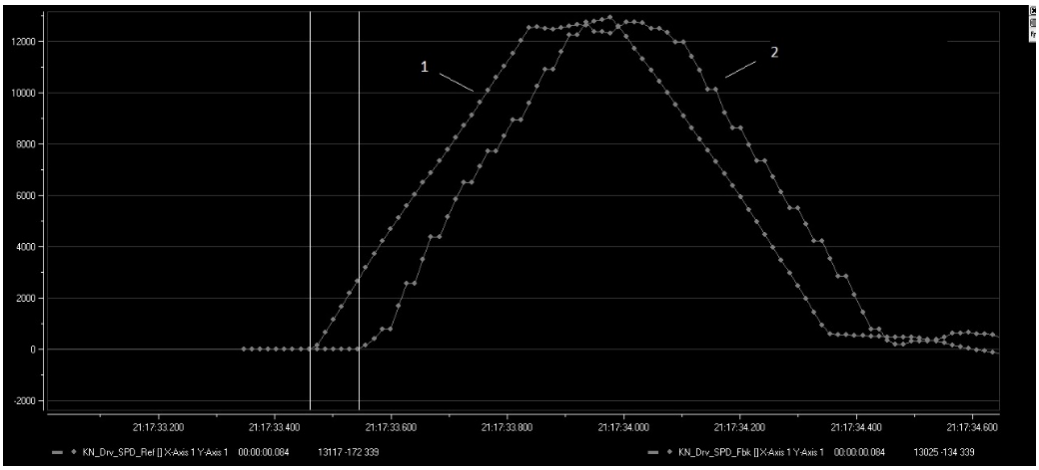


Рис. 2. Графік роботи ножа холодної різки після холодильника

В результаті дослідження встановлено, що Підвищення швидкодії системи можна за рахунок використання: імітаційного моделювання; більш розрядних процесорів; використання електроприводів з керуванням електромагнітного моменту; використання без датчикових технологій.

[1] О промышленных сетях - без формул и диаграмм. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://avtprom.ru/o-promyshlennykh-setyakh-bez-formul-i-di

HARDWARE AND SOFTWARE MANAGEMENT SORTAL PROCESSING 400/200

Horbachov V.O.
Dniprovsky State Technical University
vladxaoc11@gmail.com

The use of the logic elements "AND, OR, AND-NO, OR-NO" and the timers leads to an increase in the inertia of the system, as in Fig. 2, the graph of the cold cutting knife operation after the refrigerator is shown. Figure 2 shows the delay between sending a command to a device and its implementation, which significantly affects the result. For example, on scissors at high speed, this can lead to cutaway errors.

Increasing the system performance can be achieved through the use of: more bit processors; use of electric drives with electromagnetic torque control; use without sensor technology.

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА GO И C++

А. Литвинов, А. Белаковский, Р. Савченко
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
lishu@rambler.ru, savchenko_r@ffeks.dnulive.dp.ua, bilakovskyi@ffeks.dnulive.dp.ua

На текущий момент перед программистом стоит задача не просто разработать гибкое, сложное, поддерживаемое приложение, но сделать это наиболее эффективным способом. При этом производительность, масштабируемость системы - характеристики, которые вместе с гибкостью и адаптивностью, продолжают играть первостепенную роль. Производительность и эффективность системы зависят от того каким образом приложение использует ресурсы системы. Делается это с помощью средств и методов параллельного программирования.

Несмотря на бурное развитие аппаратного и программного обеспечения, проблема автоматизации распараллеливания программ не решена: код, сгенерированный современными компиляторами, не является оптимизированным под заданное аппаратное обеспечение. Таким образом, задача обеспечения такого распараллеливания (выделение независимых заданий, синхронизация их решений, эффективное использование кэш-памяти) ложится на программиста. Среды программирования предоставляют возможность указания компилятору дополнительной информации о: независимых ветвях, структурах данных, организации обмена информацией между модулями, синхронизации процессов. Характер такой информации определяется средствами и особенностями архитектуры ВС (директивы препроцессора (напр. OpenMP), функции библиотеки (напр. Posix threads и пр.)). При этом следует отметить, что какие бы средства не использовались, диспетчеризация процессов, потоков производится операционной системой, а выполнение зависит от внутренней архитектуры процессора.

Оценить какое из средств будет эффективным для той или иной задачи можно только с помощью специального рода тестов. В качестве таких тестов в данной работе выбран простейший алгоритм обработки массива и подсчета в нём количества элементов, соответствующих заданным условиям, а также алгоритм умножения матрицы на коэффициент с последующим суммированием всех её элементов.

Таблица 1. Время выполнения тестов на GO и C++ (Win32 и CLR)

Размер матрицы	OpenMP				Golang	
	CLR		Win32			
	Тест №1	Тест №2	Тест №1	Тест №2	Тест №1	Тест №2
100x100	58,558 мс	45,8573 мс	5,43213 мс	5,0666 мс	0,497 мс	0,495 мс
1000x1000	60,2455 мс	49,3114 мс	7,64131 мс	7,2779 мс	0,9893 мс	3,893 мс
2000x2000	70,4823 мс	51,7932 мс	9,60961 мс	9,3012 мс	3,4901 мс	14,7741 мс
5000x5000	122,9944 мс	81,1608 мс	33,799 мс	33,885 мс	20,0555 мс	93,7152 мс
10000x10000	263,5167 мс	189,958 мс	112,3174 мс	106,527 мс	75,3542 мс	366,4119 мс

Для получение объективной оценки в качестве второго теста была выбрана задача умножения матрицы на заданный коэффициент с последующим суммированием всех её элементов. Данная задача требует бо́льших мощностей и производит больше вычислений внутри каждого потока, соответственно это время станет решающим по сравнению со временем планирования и переключения потоков.

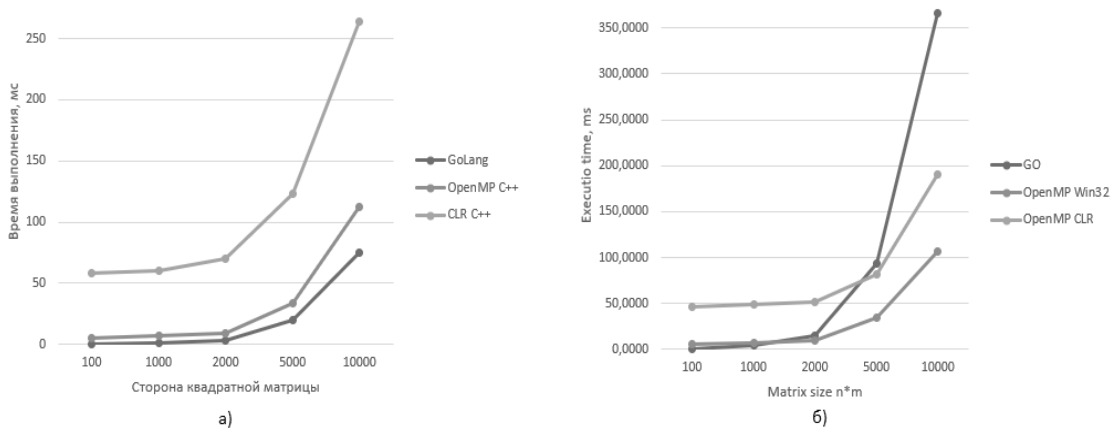


Рис. 1. Оценка производительности. *а*) тест №1; *б*) тест №2.

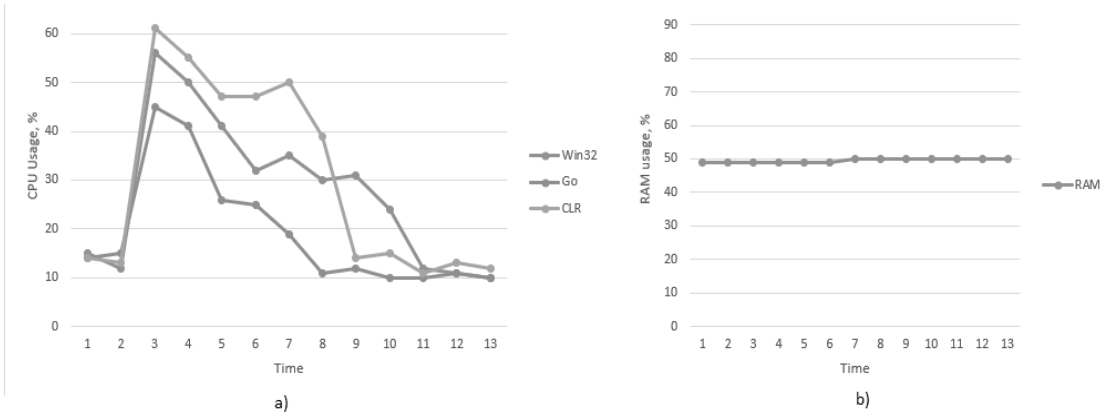


Рис. 2. Использование аппаратных ресурсов: *a*) процессора; *b*) памяти

Оценить какое средство будет наиболее эффективным на конкретной машине можно только с помощью тестирования. Очевидным преимуществом языка GO является его уникальная система диспетчеризации своих легковесных goroutine. Однако, в том случае, если задача требует больших вычислительных мощностей, целесообразнее использовать язык C++, который эти вычисления попросту производит быстрее, несмотря на бо́льшую ориентированность языка GO под параллельные вычисления.

[1] Stack Overflow [Resource] - Resource access mode: https://stackoverflow.com
[2] Mark Summerfield. “Programming in Go. Creating Applications for the 21st Century”

PARALLEL COMPUTING PERFORMANCE ANALYSIS USING GO AND C++

A. Litvinov, A. Bilakovskyi, R. Savchenko
Oles Honchar Dnipro National University
lishu@rambler.ru, savchenko_r@ffeks.dnulive.dp.ua, bilakovskyi@ffeks.dnulive.dp.ua

Nowadays, a programmer faced the task of not only developing flexible, complex, maintainable application, but doing it in the most efficient way. At the same time, the performance and scalability of the system are characteristics that together with flexibility and adaptability keep playing primary role. System performance depends on how application uses system resources. This can be achieved by using tools and methods of parallel computing.

ПИТАННЯ РОЗРОБКИ ЧИСТОЇ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМ

М. Прохорова, В. Герасимов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
milenaormiriam@gmail.com

Кожен розробник чи команда розробників при старті нового проекту перш ніж приступити до написання самого функціоналу має вирішити основне і дуже важливе питання — якою буде архітектура майбутньої системи. У великих, серйозних проектах завжди є Software Architect (архітектор програмного забезпечення) — це IT-фахівець, який приймає рішення щодо внутрішнього устрою і зовнішніх інтерфейсів програмного комплексу з урахуванням проектних вимог і наявних ресурсів. Але, іноді, якщо проект не надто великий, серйозний, або розробники лише роблять перші кроки у програмуванні, то в них немає досвіду, як потрібно правильно розробляти систему, аби у майбутньому не довелося переписувати майже весь проект лише задля зміни якогось зовнішнього компоненту системи чи для його масштабування. Багато початківців навіть не знають як насправді важливо правильно спроектувати систему, тому що немає якогось одного правила для всіх — все залежить від проекту. Тому метою цієї роботи є дослідження теми розробки чистої архітектури систем і виділення її основних принципів.

Архітектура програмного забезпечення (англ. Software architecture) — це сукупність найважливіших рішень про організацію програмної системи [1], що включає:

– вибір структурних елементів та їх інтерфейсів, за допомогою яких складена система, а також їх поведінка в рамках співпраці;

– з'єднання обраних елементів структури і поведінки у все більш крупні системи;

– архітектурний стиль, який направляє всю організацію — всі елементи, їх інтерфейси, їх співпраця та їх з'єднання.

Система може складатись з кількох рівнів абстракції і багатьох фаз роботи, кожна з яких може мати окрему архітектуру.

Протягом останніх кількох років було запропоновано цілий ряд ідей щодо архітектури систем. Хоча всі ці архітектури дещо відрізняються у деталях, вони дуже схожі. Всі вони мають однакову мету, а саме відокремлення концернів — у комп’ютерних науках це набір інформації, що впливає на код комп'ютерної програми. Розробники досягають цього поділу, розділяючи програмне забезпечення на шари. У кожній архітектурі є щонайменше один шар для бізнес-правил, а інший для інтерфейсів. Нещодавно, консультант і автор в області розробки ПЗ, Роберт Мартін запропонував низку правил для побудови чистої архітектури систем, основними з яких є такі [2]:

– Незалежність від використання фреймворків. Архітектура не має прямої залежності своєї функціональності до наявності певної бібліотеки. Це дозволяє використовувати фреймворки як інструменти, замість того, щоб додавати у систему обмеження.

– Можливість тестування. Бізнес-логіку можна перевірити без використання інтерфейсу користувача, бази даних, веб-сервера або будь-якого іншого зовнішнього елемента.

– Незалежність від інтерфейсу користувача. Інтерфейс користувача може легко змінюватися, не впливаючи при цьому на інші частини системи. Веб-інтерфейс може бути замінений інтерфейсом консолі, наприклад, без зміни бізнес-логіки системи.

– Незалежність від використання різних баз даних. Тобто можна легко змінювати бази даних, що використовуються у системі. Наприклад, Oracle змінити на PostgreSQL

або будь-яку іншу базу даних, яку ви забажаєте. Бізнес-логіка не має прямої залежності від типу бази даних.

Таким чином, на основі цих обмежень, кожен шар має бути незалежним і мати можливість тестування [3]. Тому архітектура системи, згідно цих правил, має бути розділена на 4 шари: **Суб'єкти, Сценарії, Контролери, Фреймворки і Драйвери**.

Ці правила можна використовувати як для об'єктно-орієнтованих мов програмування, таких як Java, C#, так і для таких мов програмування, як Go (часто також Golang). Це відносно нова мова програмування, поява якої відбулася у 2009 році. Go — компільована багатопотокова мова програмування із вбудованими засобами для паралельних обчислень. Вона цікава тим, що має чітку паралельно-орієнтовану структуру, але не включає успадкування типів, узагальнене програмування, перевизначення методів, арифметичні операції зі вказівниками, асерти. Здавалося б, що це незручно, але тим не менш, Go спроектована для швидкого компілювання, навіть на застарілому обладнанні.

Враховуючи все вищесказане, можна вивести низку заміток, що допоможуть писати системи з «чистою архітектурою»:

Суб'єкти *— інкапсулюйте правила бізнес-логіки. Наприклад, сутність у Go — це сукупність структур і функцій.* ***Сценарії*** *— система в цьому шарі містить конкретну бізнес-логіку програми. Цей шар інкапсулює та реалізує всі можливі сценарії використання системи.* ***Контролери*** *— система на цьому рівні являє собою набір адаптерів, які перетворюють дані зі зручного формату для суб'єктів та сценаріїв у формат, зручний, наприклад, для баз даних.* ***Фреймворки і Драйвери*** *— цей шар зазвичай складається з різних фреймворків та інструментів типу баз даних.*

Аналіз вказаних рекомендацій дозволяє зробити висновок, що писати системи дотримуючись цих правил, зазвичай доволі не важко, але це допоможе заощадити у майбутньому багато часу і мінімізувати або й зовсім позбавитись від необхідності переписування коду (окрім рефакторингу, звичайно). Розбиваючи систему на шари і дотримуючись даних правил можна створити надійну систему, яку можна буде розширювати, міняти зовнішні залежності, докладаючи мінімальних зусиль, не втрачаючи якості та швидкодії.

[1] Архітектура програмного забезпечення [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Архітектура_програмного_забезпечення
[2] Robert C. Martin Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design (Robert C. Martin Series), 1st Edition. Prentice Hall; 1 edition (September 20, 2017). P.432.
[3] The clean Architecture [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html

CLEAN ARCHITECTURE ISSUES

M. Prokhorova, V. Gerasimov
Oles Honchar Dnipro National University
milenaormiriam@gmail.com

Systems whose parts are testable and loosely coupled are systems that can grow and can be easily understood, modified, extended, and scaled. There are a lot of different ideas regarding the system architecture how to build such systems. But I think, the Dependency Rule is one of the most important rule that must be applied when building software systems whose parts are to be testable and independent from external dependencies (e.g. UIs, databases, frameworks). It's usually not so difficult to write systems in compliance with the rules, but it will save a lot of time in the future and minimize or completely eliminate the need for rewriting the code.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СУПЕРПОЗИЦИИ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ МОНОФУНКЦИОНАЛЬНОГО БАЗИСА

А. Морозов, В. Кузякова
Днепровский национальный университет им. О. Гончара
morozovs@ua.fm

Для отображения булевой функции, заданной в классическом базисе требуется наличие трёх разных типов логических элементов (И, ИЛИ, НЕ). В случае задания её в одном из монофункциональных базисов “стрелка Пирса” (ИЛИ - НЕ) или “штрих Шеффера” (И - НЕ) требуется только один элемент – универсальный. Каждый элемент в заданном нами базисе представляется в аналитическом виде одной функцией “стрелка Пирса” (принятое нами обозначение – ^) или “штрих Шеффера” (/), обрамленной парными скобками: (), [], {}, и <>. Возьмем самый простой, с точки зрения реализации, случай задания функции в виде суперпозиции вложенных функций каждая из которых только от двух разных аргументов.

Нашей целью является автоматизированное построение схемы из двухвходовых логических элементов. Для нахождения в заданной функции элемента, который является выходом схемы, введем понятие “уровень глубины”, для которого он будет равным нулю. По сути, “уровень глубины” определяет количество элементов, отделяющее данный элемент от выхода схемы. Чем дальше элемент от выхода схемы, тем “уровень глубины” выше. В случае нахождения такого элемента с двумя входами функция им разбивается на две части. Для однозначности построения схемы левая часть функции элемента строится на верхнем входе элемента, правая часть на нижнем входе. Далее поиск элементов с “уровнем глубины” выше на 1 происходит в полученных частях отдельно. И так дальше до достижения максимального “уровня глубины”, который определяется в начале.

Рассмотрим работу приведенного алгоритма на примере функции {[(A/B)/(B/C)]/[D/1]}/(B/D), заданной в монофункциональном базисе “штрих Шеффера”. В результате получим схему, построенную на элементах И – НЕ.

1. Определяем максимальный "уровень глубины". Для этого перебираем все символы введенной функции слева направо и при встрече любой открывающей скобки "<", "{", "[", "(" увеличиваем "уровень глубины" на 1. И соответственно, при встрече закрывающей скобки ">", "}", "]", ")" уменьшаем "уровень глубины" на 1. Проиллюстрируем на нашей функции, верхняя строка "уровень глубины", средняя - символы функции, а нижняя - номера символов. Максимальный "уровень глубины" (k) получим равный 3.

```
1  2  3  3  3  3  2  2  3  3  3  3  2  1  1  2  2  2  2  1  0  0  1  1  1  1  0
{  [  (  A  /  B  )  /  (  B  /  C  )  ]  /  [  D  /  1  ]  }  /  (  B  /  D  )
1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27
```

2. Находим номер символа функции, которым она разобьется на две части. На него будет указывать "уровень глубины" равный 0. Для поиска в качестве начального (start) возьмем 1 символ строки, а конечного (stop) последний символ. Найденный номер "разбиения" сохраним в элемент массива, индекс которого увеличим на 1 (split):

```
k=0 start= 1 stop=27 found=21 split=1
```

3. Повторим п.2 для обеих частей, но с “уровнем глубины” равным 1:

```
k=1 start= 1 stop=21 found=14 split=2        k=1 start=21 stop=27 found=23 split=3
```

4. И для вновь найденных частей аналогично:

```
k=2 start= 1 stop=14 found= 7 split=4        k=2 start=14 stop=21 found=16 split=5
```

В интервалах, приведенных ниже, “разбиений” не найдено. Исключаем их из поисков:

```
k=2 start=21 stop=23                         k=2 start=23 stop=27
```

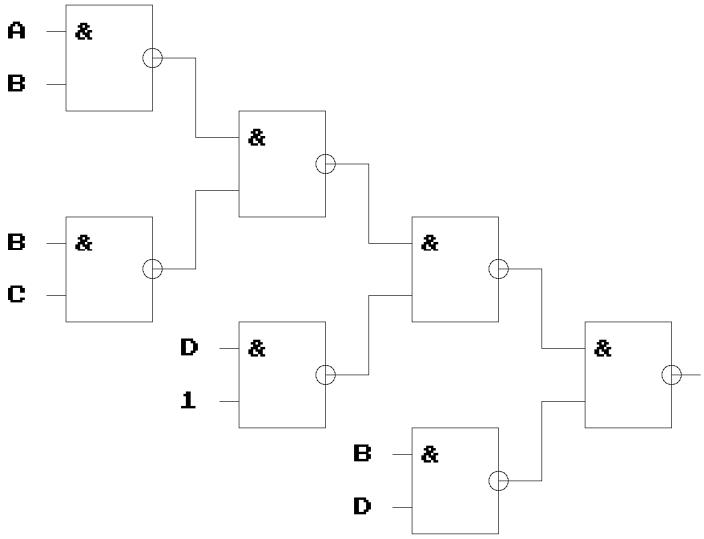
5. И для последнего, максимального “уровня глубины”:

```
k=3 start= 1 stop= 7 found= 4 split=6        k=3 start= 7 stop=14 found=10 split=7
```

В интервалах, приведенных ниже, “разбиений” не найдено:

```
k=3 start=14 stop=16                         k=3 start=16 stop=21
```

Итого получено 7 “разбиений” (с номерами символов: 4 7 10 *14* 16 **21** *23*), а значит, требуется отобразить 7 элементов:



Данная программа была использована для составления индивидуальных заданий по теме “Алгоритм перехода от схемы, построенной на логических элементах в монофункциональном базисе к схеме на логических элементах в базисе И, ИЛИ” практикума “Логические основы” по дисциплине “Компьютерная логика”.

Ввиду равноправности *m* входов (*m=2*) логического элемента, а значит, местоположения аргументов функции ему соответствующей, одна и та же функция с максимальным “уровнем глубины” *n* (для приведенного примера *n=3*) будет иметь m^n “двойников” (для приведенного примера *8*), которые попарно сравнивать легче, имея в руках схемный эквивалент этих функций.

VISUALIZATION OF MONO-FUNCTIONAL SET BOOLEAN FUNCTIONS

A. Morozov, V. Kuzyakova
Oles Honchar Dnipro National University
morozovs@ua.fm

By means of syntactic analysis of the entered Boolean function is constructed the circuit of logical elements from a mono-functional base. The analysis algorithm is split in steps with description of actions and their illustration with a specific example, for that a schematic diagram of “Sheffer stroke” (NAND) logical elements is constructed, corresponding to this function.

The number of "twin" functions is determined using the maximum "depth level".

ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ МЕТАЛООКСИДОЇ КЕРАМІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖІ КОХОНЕНА

Л. Ахметшина, І. Скуратовський, С. Мазурик
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
stas_mazurik@ukr.net

Кераміка на основі оксидів металів знайшла широке практичне застосування для виготовлення різних електронних компонентів таких як варистори, позистори, резистори та ін. Прогнозування її властивостей при створені нових матеріалів є актуальної задачею, складність якої є в необхідності проведення великої кількості трудомістких експериментів та відсутністю теоретичних обґрунтувань про процентний вміст компонентів для досягнення необхідних властивостей.

Традиційний шлях отримання кераміки з оксидів металів це змішування порошків оксидів металів у потрібних пропорціях і отримання шлікера із застосуванням органічних зв'язуючих. Далі з шлікера формуються заготовки потрібної форми і проводиться випал із заданими параметрами нагріву. Кожен із оксидів металів дає свій вклад у загальні властивості отриманої кераміки. Для розуміння які властивості додає конкретний оксид метала виготовляють зразки кераміки без цього оксиду метала та зразки кераміки з його різним вмістом. Звичайно, результат розглядають у вигляді графіків з яких роблять висновки про вплив кожного з компонентів на властивості зразка кераміки в цілому. При досліджені багатокомпонентних зразків кераміки доводиться проводити великий об’єм експериментальної роботи.

У зв’язку з цим використання традиційних методів прогнозування ускладнюються наявністю як правило незначної кількості наявних експериментальних даних отриманих при вивченні властивостей керамік з різними добавками.

Використання нейронних мереж зазвичай також вимагає значного обсягу вихідних даних, які необхідні для їх навчання і тестування. Однак, самоорганізована нейрона мережа Кохонена (СКК) має ряд переваг перед іншими архітектурами, вона дозволяє працювати з невеликими обсягами вихідних даних за рахунок відображення топологічних особливостей [1, 2].

В докладі наведено дослідження можливості прогнозування властивостей металооксидної кераміки, а саме коефіцієнта нелінейності варисторної кераміки на основі ZnO з домішками Cr_2O_3, B_2O_3, Sb_2O_5 за результатами проведених експериментів з використанням мережі Кохонена. Вихідні дані представляють собою вибірку з сорока експериментів, з шістьма параметрами. Крім відомих компонентів суміші вимірювалися напруженість поля і коефіцієнт нелінійності кераміки. Метою прогнозування було визначення складу з максимальним коефіцієнтом нелінійності та мінімальним значенням напруженості поля. Результат прогнозування був перевірений на модельних даних.

Використання мережі Кохонена, що самоорганізується дозволяє виробляти з достатньою точністю оціночне прогнозування складу суміші з метою отримання заданих властивостей, що дозволяє зменшити кількість експериментальних робіт.

[1] Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. [пер. 3-го англ. изд. В.Н. Агеева под ред. Ю.В. Тюменцева]. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2008. 665 с.
[2] Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. М. 2010. 600 с.

PREDICTION OF THE PROPERTIES OF METAL OXIDE CERAMICS USING KOHONEN'S NEURAL NETWORK

L. Akhmetshina, I. Skuratovsky, S. Mazurik
Oles Honchar Dnipro National University
stas_mazurik@ukr.net

The report presents a study of the possibility of predicting the properties of metal oxide ceramics, namely the coefficient of nonlinearity of varistoric ceramics based on ZnO with impurities Cr_2O_3, B_2O_3, Sb_2O_5, based on the results of experiments using the Kohonen network.

The use of the self-organizing Kohonen system allows us to produce with a reasonable accuracy the estimated prediction of the composition of the mixture in order to obtain the specified properties, which allows reducing the number of experimental works.

AUTONOMOUS HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR BIOSIGNALS REGISTRATION AND PROCESSING

T. Tkachenko, T. Komendar, D. Chernetchenko, N. Botsva
Oles Honchar Dnipro National University
kef.dnu@gmail.com

The registration and analysis of electrical fields generated during the operation of the heart and muscles are powerful methods of instrumental diagnostics, which allow obtaining important information about the functional status of organs and systems [1]. Therefore, the actual task is to improve the accuracy and maximum automation of electrocardiographic (ECG) and electromyographic (EMG) research based on modern microprocessor technology with low power consumption.

The aim of the work is to develop an autonomous portable software and hardware complex for registration and processing of ECG and EMG signals.

During the development of such systems, complex problems arise in providing the necessary accuracy of measurements in the presence of external environmental impediments (outside laboratory conditions), as well as a comprehensive analysis of diagnostic parameters without loss of signal quality during transmission and processing.

To provide the required speed, convenience, quality of registration and analysis of biosignals, the software and hardware complex is implemented on the Arduino microcontroller platform and the OLIMEX ECG/EMG project [2]. Biopotentials obtained from the human skin surface are characterized by an amplitude of 6 to 200 μV and a frequency of 10 to 500 Hz. In order to pre-amplify such rather weak signals, an amplification unit has been developed. on the AD623 instrument amplifier, which is mainly used in biomedical devices and installations.

The resulting analog signal is digitized using the Arduino ADC and transmitted to the PC using the COM port.

Further processing of the signal for functional purpose can be divided into two stages: preliminary processing with elimination of obstacles and the allocation of clear useful

biosignal and the stage of analysis with the identification of indicators, which are important for the diagnosis of the functional state.

Both stages are implemented using the Biomedical Workbench extension in the National Instruments LabView Toolkit [3], which has powerful specialized tools for researching biomedical signals in real-time: from the means of obtaining and visualizing spectrographs to the automated computation of basic physiological parameters. One of the advantages of the Biomedical Toolkit environment is the availability of a large selection of software filters of any complexity and order for additional filtering of the received biomedical signal. This made it possible to introduce adaptive signal filtering system with the combination of active hardware and software filtering methods for registration and processing of received biosignals.

In LabView environment, a virtual device with two modules is developed. The Arduino microcontroller data acceptance module is based on the optional plug-in from the NI Arduino Toolkit with VISA technology for working with DAQ devices. The module reads data from the COM port (Arduino transmission is at 56700 bps), saves them in a temporary data array for subsequent graphical representation and in text format as a pair of values (time: amplitude;).

The module of processing and analysis of the ECG signal of the virtual device calculates the basic parameters of the cardiac signal: the frequency of cardiac contractions; amplitude of QRS complex; average isolation amplitude; duration of the QRS complex; duration of QT interval; the duration of the PR interval, - and displays them in real time on the front of the instrument, along with the time dependence of the filtered ECG signal. Similarly, EMG signal processing is performed.

The autonomy of the complex is provided by a system for controlling the charge of lithium-ion batteries based on the microcontroller ATmega328A, which controls and distributes the consumption of electricity and battery resources.

To increase the portability of the complex, the unit of wireless transmission / reception of the ECG/ EMG on the basis of the radio module nRF24L01 + with a radius of up to 30-50 meters was used. The choice of this module is due to its compactness, accessibility and ease-of-use through the standard SPI data exchange protocol.

Thus, the developed hardware and software complex provides registration of biopotentials, data transmission to the PC by wireless channel, processing of signals using software developed in the environment of LabView. The use of modern microcontroller systems, the advantage of which is the portability of hardware solutions, low power consumption, the ability to scale solutions and mobility, enable the possibility of autonomous operation of the battery; high integration of the system and portability through the use of advanced microcontroller solutions and wireless communication channels without losing the quality of the biosignal; as well as to study deep enough and detailed parameters of biosignals to prevent loss of signal quality during transmission and processing.

Research results can be used in the design and development of new samples of portable medical equipment.

[1] Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиологических систем: методические рекомендации. – М., 2002.

[2] Shield-EKG-EMG. Bio-feedback shield user’s manual. Revision D. – Designed by OLIMEX Ltd, 2013.

[3] Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabView для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. – М., 2007.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

В. Крохин, Д. Ковальчук, Е. Задоян
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
krokhynvolodymyr@yahoo.com

На практике часто встречается задача разработки клиент-серверного приложения для учета и поддержки принятия решений на предприятии. Эта задача возникла и в учебном заведении – частной школе. Была поставлена задача: разработать систему, которая упрощала бы контроль выполненной работы преподавателей, посещение учеников, оплату обучения, выплату заработной платы преподавателям согласно уровню квалификации и учебной нагрузке. Также система должна иметь модуль для формирования учебного расписания и расписания учебных отработок. Система должна быть рассчитана на множество тонких клиентов, с которыми работает непосредственно пользователь, и сервер, который реализует бизнес-логику и отвечает за считывание, запись и хранение данных. В приложение необходимо было внедрить многоранговую систему пользователей, которая ограничивает доступ некоторых пользователей к персональным данным.

Исходя из требования вышеописанной задачи, возникла необходимость создания автоматизированнщй системы обработки данных (АСОД), которая включает в себя две составляющие: клиент и сервер. В готовом варианте АСОД все модули представляют собой именно реализацию того или иного слоя согласно определенным контрактам. Соединение модулей осуществляется через интерфейсы согласно подходу внедрения зависимостей Dependency Injection [1]. Это предоставляет возможность легко сопровождать разрабатываемую систему в дальнейшем.

Связь между клиентом и сервером осуществляется при помощи технологии Window Communication Foundation (WCF), которая работает посредством веб-сервисов. Исходя из этого можно рассматривать архитектуру системы еще и как сервисно-ориентированную [2]. Таким образом в дальнейшем можно наращивать функционал системы, подключая новые сервисы как автономные единицы, реализующие каждый свою бизнес-логику согласно принципу распределения ответственности (Single Responsibility) [2].

Связь с базой данных осуществляется через промежуточный слой между бизнес-логикой сервера и собственно БД – Data access layer (DAL). DAL реализует набор стандартных запросов к БД и предоставляет системе лишь ответы согласно заданным параметрам запросов. Но главной особенностью промежуточного DAL является легкость изменения источника данных. Поскольку модули сервера соединяются не жестко, а через интерфейсы, можно легко заменять модуль на любой другой, удовлетворяющий контракту конкретного интерфейса. Таким образом, используя изначально SQL Server в качестве хранилища данных, можно будет легко перейти на MongoDB. Все, что необходимо сделать, это подключить другой слой DAL, который реализует логику запросов уже к MongoDB.

Для работы с вышеупомянутым Microsoft SQL Server в качестве БД использовалась технология ADO.NET. Реализация работы с данной технологией (а именно подключение к БД, набор всевозможных запросов, вызовов хранимых

процедур, завершение соединения) помещается именно в слой DAL для работы с SQL Server.

Клиентское приложение разрабатывалось при помощи технологии Windows Presentation Foundation (WPF). Также был применен патерн проектирования (pattern) Model-View-View Model (MVVM).

Сервисно-ориентированная архитектура системы предполагает работу с сервисами, которые в свою очередь являются автономными модулями бизнес-логики. Это позволяет масштабировать систему, расширив спектр ее бизнес-функций в дальнейшем. Таким образом можно будет «подключать» различные дополнительные модули, как, например, корпоративный чат, работа с файлами на облаке (cloud).

Таким образом, созданная нами АСОД представляет собой систему, которая отвечает за сбор и обработку данных, а реализация этой обработки является ответственностью алгоритмов разработанных бизнес-функций предметной области заказчика.

[1] Литвинов А.А., Карпенко Н.В. Тестирование информационных систем: модульное, интеграционное, системное: учебное пособие. / А.А. Литвинов, Н.В. Карпенко – Д.: Лира, (2016). 283 с.
[2] Литвинов О.А., Хандецький В.С. Розподілена обробка інформації : [моногр.] / О.А. Литвинов., В.С. Хандецький − Д.: ТОВ «Баланс-Клуб», (2013). 314 с.

FEATURES OF AUTOMATED DATA PROCESSING SYSTEM DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF CLIENT-SERVER APPLICATION OF DECISION SUPPORT SYSTEM IN EDUCATION PROCESS

V. Krokhin, D. Kovalchuk, Y. Zadoian
Oles Honchar Dnipro National University
krokhynvolodymyr@yahoo.com

The decision-support system for education process was developed as a client-server application using .NET-technologies (WCF, WPF, ADO.NET) and high-level programming language C#. Stack of .NET-technologies allowed to realize the listed above principles and methods. Following them we decreased money and time costs of design and development. As the result we designed complex and structured system, which consists of connected modules, every of which has only one responsibility (Single responsibility principle). These modules built system according to principle “contract – interface – realization”, that provides flexibility and scalability of the application.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ АПЕРТУРЫ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

М. Андреев, О. Дробахин, А. Олевский
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
tigozavr@gmail.com

Получение радиоизображений с высоким разрешением является важной научно-технической задачей. Это позволяет выявлять наиболее «яркие» точки при рассмотрении радиолокационных характеристик объектов; повысить качество обнаружения и распознавания подповерхностных объектов и объектов, которые находятся за преградой. Для повышения разрешения вдоль продольной координаты используются сверхкороткие импульсы или сверхширокополосные сигналы. Для повышения разрешения в поперечном направлении традиционным является использование апертурного синтеза. Наиболее сложным является осуществление синтеза апертуры в ближней зоне излучения. Для осуществления такого синтеза целесообразно провести измерения для эталонного объекта, расположенного на дискретной сетке расстояний, и восстановить пространственную передаточную функцию обобщенного инверсного фильтра, полагая известным вид идеального изображения. Использование металлической полосы является наиболее очевидным, поскольку идеальное изображение в этом случае является обыкновенной прямоугольной функцией нужной ширины. В данной работе изображения были получены при сканировании одной либо нескольких металлических пластин, расположенных в одной плоскости параллельно апертуре антенны. Одним из критериев сравнения качества восстановления служила точность определения расстояния между исследуемыми объектами и возможность их раздельного наблюдения.

Было исследовано несколько методов преодоления влияния шума и искажений: обобщенная инверсная фильтрация с регуляризацией, применение метода Прони в фурье-сопряженной области и аппроксимация дробно-рациональными выражениями в области измерений для улучшения оценки передаточной функции. Использование технологии цепных дробей позволяет получить устойчивый к шуму алгоритм дробно-рациональной аппроксимации.

IMPROVED APPROACH TO APERTURE SYNTHESIS IN THE NEAR ZONE OF RADIATION

M. Andreev, O. Drobakhin, O. Olevskyi
Oles Honchar Dnipro National University,
tigozavr@gmail.com

Several methods for aperture synthesis were investigated: generalized inverse filtering with regularization, applying the Prony method in the Fourier-conjugate region, and approximation by fractional rational expressions in the field of measurements to improve the transfer function estimate. The use of the continued fractions technology makes it possible to obtain an algorithm of fractional rational approximation that is resistant to noise.

БАГАТОМАСШТАБНА КОМПРЕСІЯ CDMA-СИГНАЛІВ У СИСТЕМАХ ЦИФРОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Ю. Жорняк, В. Корчинський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
korchins50k@i.ua

Збільшення пропускної здатності та ефективне використання частотної смуги телекомунікаційних систем позв'язані із зменшенням інформаційної надлишковості даних, що передаються, що особливо суттєво зокрема для даних, що передаються по супутникових каналах малих космічних апаратів. На даний час компресія цифрових сигналів базується на їх дискретних ортогональних перетвореннях (ДОП) шляхом відкидання коефіцієнтів цих перетворень, малозначущих для наступного відтворення скомпресованого сигналу шляхом зворотного ДОП.

У роботі здійснено порівняльний аналіз низки алгоритмів компресії (стиснення) CDMA сигналів: дискретного перетворення Уолша-Адамара (WHT) [1], дискретного косинусного перетворення (DCT) [1], дискретного перетворення Хартлі [2] та дискретного wavelet-перетворення [3]. Усі вони пов'язані з деякими втратами інформаційної значущості сигналу та його енергетичних показників. Суттєвим фактором є також схожість первинного та скомпресованого сигналів.

У даній роботі вищенаведені умови прийняті за критерії порівняльного аналізу, а саме: 1) мінімізація втрат інформаційної відмінності первинного та скомпресованого сигналів; 2) мінімізація енергетичної відмінності первинного та скомпресованого сигналів; 3) максимізація схожості форм цих сигналів.

За кількісні показники перших двох критеріїв прийняті відповідно H_0/H_k та E_0/E_k, де H_0, H_k - інформаційні ентропії первинного та скомпресованого сигналів; E_0, E_k - енергії первинного та скомпресованого сигналів.

Схожість форм (часових динамік) первинного та скомпресованого сигналів оцінювалася за виразом

$$D = \sum_{i=1}^{N} \left[u_0(i) - u_k(i) \right]^2, \tag{1}$$

де N – кількість відліків вихідного $u_0(i)$ та скомпресованого $u_k(i)$ сигналів.

Безпосереднє визначення інформаційних ентропій сигналів в рамках їх традиційного означення неможливе, оскільки сигнали зазначених ДОП не є цифровими. У зв'язку з цим розширено спосіб визначення інформаційної ентропії на випадок лише дискретизованих сигналів: діапазон між найбільшим та найменшим значенням рівня сигналу поділяється на певну кількість M інтервалів з наступним визначенням кількості q_i (i – номер інтервалу) відліків, що належать кожному інтервалу.

Інформаційна ентропія визначається за виразом

$$H = \sum_{i=1}^{M} \frac{q_i}{L} \cdot \log_2 \left(\frac{q_i}{L} \right), \tag{2}$$

де L – загальна кількість відліків сигналу.

Сформульовано та вирішено багатокритеріальну оптимізаційну задачу порівняльного аналізу методів компресії за наведеними критеріями максимізації відношень H_0/H_k та E_0/E_k й мінімізації показника *D*, обчисленого за виразом (1).

За результатами численних обчислювальних експериментів встановлено, що за усією сукупністю наведених критеріїв найбільш ефективним є реалізація компресії на основі перетворення Хартлі: номер коефіцієнту розкладу, починаючи з якого ці коефіцієнти нехтуються, найменший у порівнянні з перетвореннями WHT та DCT за фіксованими рівнями відношень H_0/H_k , E_0/E_k та показника *D*.

Разом з тим, при здійсненні компресії за критеріями лише максимізації відношень H_0/H_k та/або E_0/E_k за умови максимізації параметру схожості форм (часових динамік) первинного та скомпресованого сигналів перевагу слід віддати перетворенню WHT, забезпечуючи суттєвішу максимізацію H_0/H_k або E_0/E_k у порівнянні з перетворенням Хартлі.

Окремо слід відмітити результати, пов'язані з використанням wavelet-перетворення. Багатофакторність його реалізації не дають можливості ефективного порівняльного аналізу з наведеними ДОП. Зазначимо лише, що за використання wavelet-базису db4 отримані приблизно такі ж результати, що й за використання перетворення Хартлі (моделювання здійснювалося у програмному середовищі системи MATLAB). Тому питання, пов'язані з реалізацією такої технології компресії телекомунікаційних сигналів можна розглядати як перспективні.

Результати даного дослідження дають підстави для рекомендації щодо використання перетворення WHT як найбільш ефективної технології компресії cdma-сигналів у цифрових системах зв'язку, тим більше, що використання функцій Уолша передбачено стандартами cdma_one та cdma2000 як адресних послідовностей, що накладаються на телекомунікаційний сигнал для розширення його частотного спектру. Обмеження для ефективної реалізації перетворення Хартлі для компресії сигналів, яке має найвищі показники за використаними критеріями, полягає у відсутності на даний час «швидких» алгоритмів його реалізації.

[1] Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях / Л.А.Залманзон. М.: Наука (1989), 496 с.
[2] Брейсуэлл Р.Преобразование Хартли. Теория и приложения / Р.Брейсуэлл. М.: Мир (1990), 176 с.
[3] Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике/ В.П. Дьяконов – М.:СОЛОН-Р (2002), 448 с.

MULTISCALE COMPRESSION OF CDMA SIGNALS IN DIGITAL COMMUNICATION SYSTEMS

Y. Jorniak, V. Korchinsky
Oles Honchar Dnipro National University
korchins50k@i.ua

Work is devoted the comparative analysis of methods of a multiscale compression of telecommunication signals in systems of digital communication on the basis of a number of the discrete orthogonal transformations and wavtlet-technologies by criteria of maximization of differences of the information and power importance of signals and time dynamics. Recommendations concerning a choice of technology of a compression of cdma-signals are proposed.

BATTERY CHARGE SYSTEMS DRIVEN BY SOLAR PANELS

M. Voloshin, D. Ses', D. Chernetchenko, E. Elina
Oles Honchar Dnipro National University
kef.dnu@gmail.com

Excessive n-layer electrons can leave their atoms, while the p-layer captures these electrons. It is the rays of light that "knock out" electrons from n-layer atoms, after which they fly into the p-layer to occupy empty spaces. In this way, the electrons move in a circle, proceeding from the p-layer, passing through the load (in this case, the battery) and returning to the n-layer.

The first photoelectric material in history was selenium. It was with his help that they produced photocells in the late XIX and early XX centuries. But given the extremely low efficiency (less than 1%), selenium immediately began to look for a replacement.

Mass production of solar panels has become possible after the telecommunications company Bell Telephone has developed a photoluminescence based on silicon. It still remains the most common material in the production of solar cells. True, the purification of silicon is a very costly process, and therefore, alternatives are studied slowly: compounds of copper, indium, gallium and cadmium.

It is clear that the power of individual photocells is not enough to nourish powerful electrical appliances. Therefore, they are combined into an electric circle, thus forming a solar battery (the other name is the solar panel).

On the solar cell frame, the photocells are fastened in such a way that they can be replaced one by one in case of failure. To protect against the influence of external factors, the entire structure is covered with hard plastic or tempered glass.

The efficiency of the converter panels depends on several factors and for traditional solar panels does not exceed 25%, although now, using a system that monitors the position of the light source, you can achieve an indicator and 40-50%. This system is arranged so that the battery returns in the direction of the sun. The area of the panel directly affects its power – the first solar panels, which are known to all, were in calculators. For example, to ensure water heating requires at least six panels installed on the roof. Also, the efficiency depends on the material of the modules. Plates are made of monocrystalline, polycrystalline and amorphous silicon and films. The most popular and popular today (due to the affordable price) thin film panels. They are made from the same materials, but a bit lighter than the weight, though, lose in performance. Their maximum efficiency is 25%.

To ensure the energy of the sun of the whole house of one of the panels is not enough, this requires a photovoltaic system (PS). Such systems are of three types:

• autonomous PS - for individually located private homes, in an area without centralized electricity supply;

• PS, connected to the power supply, - part of the electrical appliances of the building is powered by the PS, and part of the centralized electricity grid;

• spare PS - used only in case of switching off of centralized power supply.

The PS of any type necessarily consists of cables, a controller, an inverter and an accumulator. Let's look at a few of the most commonly used solar panels (SP).

Let's start with the option of connecting the SP to 12 V with an idle voltage of 21 V (Fig.1). From solar panels, a wire with an area of 2 mm^2 with power up to 100 W, 2.5 mm^2 - up to 150 W, 3 mm^2 - up to 200 W, etc. is used. To calculate the length of the wire, it is

necessary to consider the connection of all the SP to the controller. For six SATs of 4 A (total current 24 A), the cross section of the wire should be a minimum of 6 mm^2, preferably 12 mm2.

Advantages of such a connection system: obtaining maximum current, lower cost compared to other connection schemes, significant distribution among users, output voltage is convenient for most devices, which is calculated at 12 V.

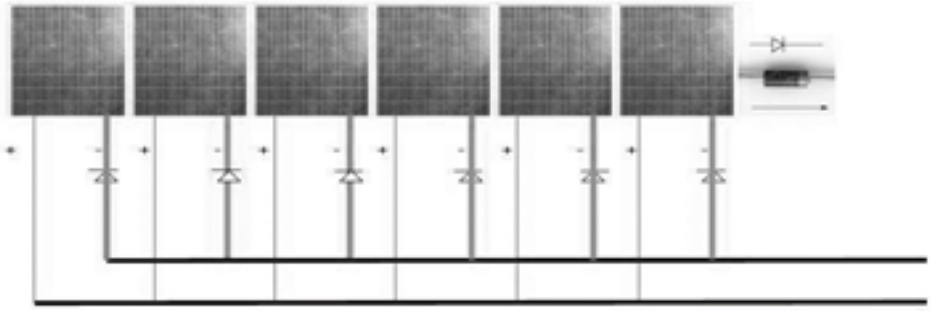


Fig. 1 The scheme of connection of solar panels to 12 V.
Definitions: significant value of converters for alternating voltage.

Advantages of such a system: obtaining maximum current, lower cost compared to other circuitry connections, significant distribution among users, output voltage is convenient for most devices, which is calculated at 12 V. Disadvantages: significant value of converters to alternating voltage.

Consider the connection scheme of a 12V SP to obtain the voltage output required for charging a 24V battery with a 42V idle voltage (Fig. 2).

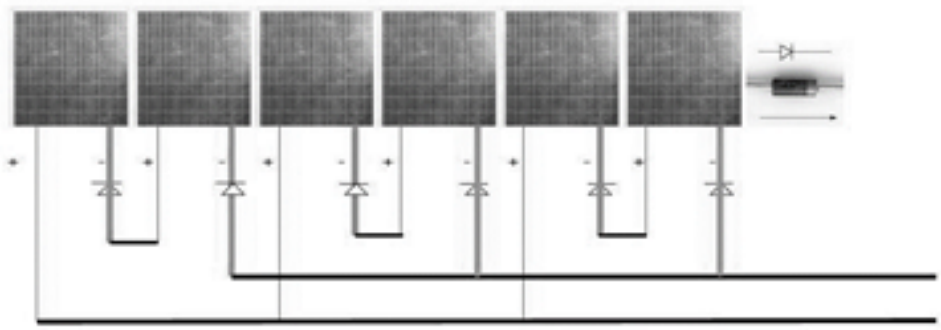


Fig. 2 The circuit for connecting solar cells to 24 V.

The connection of the battered two consecutive increases the output voltage, but the current will be determined by the smallest of the two SBs.

With such connection from solar panels, a wire with a cross section of 2 mm^2 with power up to 150 W, 2.5 mm^2 - up to 250 W, 3 mm^2 - up to 350 W, etc. is used. To calculate the length of the wire, it is necessary to consider the connection of all the SBs to the controller. For three pairs of WBs of 4 A (total current 12 A), the cross section of the wire should be a minimum of 4 mm^2, preferably 8 mm^2.

Advantages of such a connection system: cheap inverters; cheaper are the wires to connect the SB and the controller; in the presence of a pair of identical elements, it is possible to easily transform the system from 12 V to 24 V. Disadvantages: it is impossible to connect different panels in pairs, as there will be a significant reduction of current; panels designed precisely at this voltage, too bulky for normal charging of two connected consecutively battery at 180-200 A; there are difficulties with the correct connection.

АНАЛИЗ ЧЕТЫРЕХПЛЕЧЕГО Е-СОЕДИНЕНИЯ ВОЛНОВОДОВ С КРУГОВЫМ ЦИЛИНДРОМ

И. Зиненко, В. Пьянков
Запорожский национальный технический университет,
vppyankov@gmail.com

В данной работе проведен строгий электродинамический анализ Е-плоскостного четырехплечего соединения прямоугольных волноводов с круговым цилиндром в центре соединительной полости (рис. 1) методом произведения областей (ПО) [1].

В регулярной части волноводов вводятся отсчетные плоскости Т-Т. По одному из волноводов к соединительной полости набегает возбуждающая волна типа H_{10}, амплитуда и фаза которой известны в плоскости Т-Т. Задача сводится к нахождению в соединительной полости компоненты *u* магнитного поля, перпендикулярной плоскости рис. 1. Границу соединительной полости до плоскостей Т-Т (выделенную жирными линиями) разобьем на элементы S_i: полосы и круговой цилиндр. Пусть I_H – множество номеров полос Т-Т, совпадающих с номерами волноводов, I_P – множество номеров проводящих полос, i_C – номер кругового цилиндра, $I_R = I_H \cup I_P$, $I = I_R \cup \{i_C\}$.

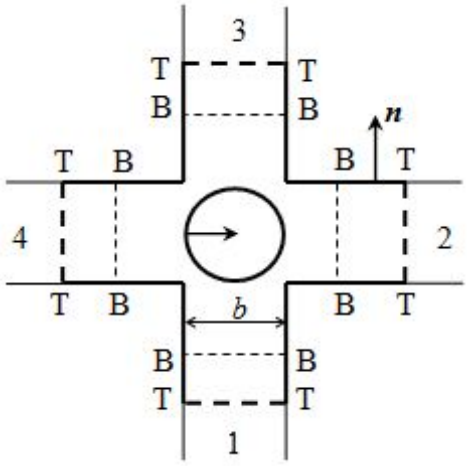


Рис. 1

Согласно методу ПО компоненту *u* будем искать в виде $u(r) = \sum_{i \in I} u_i(r)$, где каждая функция $u_i(r)$ удовлетворяет однородному уравнению Гельмгольца вне своего *i*-го элемента. Для функций $u_i(r)$ справедливы интегральные равенства

$$u_i(r) = 2\left(\int_{S_i} \frac{\partial U_i(r')}{\partial \boldsymbol{n}'} G_i(r,r') dS' - W_i(r) \right) \ \forall r \notin S_i,\ i \in I_H; \tag{1}$$

$$u_i(r) = -2W_i(r) \ \ \forall r \notin S_i,\ i \in I_P; \quad u_i(r) = -W_i(r) \ \ \forall r \notin S_i,\ i = i_C, \tag{2}$$

где $U_i(r)$ – искомая компонента поля в регулярной части *i*-го волновода, $W_i(r) = \int_{S_i} \sum_{j \in I \setminus \{i\}} \frac{\partial u_j(r')}{\partial \boldsymbol{n}'} G_i(r,r')\, dS'$, $\boldsymbol{n}$ – нормаль, направленная согласно рис. 1, $G_i(r,r')$ – функция Грина, удовлетворяющая однородному граничному условию Неймана на элементе S_i, представляемая в виде ряда по четным функциям Матье для $i \in I_R$ и по функциям Ханкеля для $i = i_C$. В силу непрерывности электромагнитного поля в однородной среде

$$U_i(r) = \sum_{j \in I} u_j(r) \ \forall r \in \text{B-B},\ i \in I_H, \tag{3}$$

где В-В – плоскость, расположенная в регулярной части *i*-го волновода согласно рис. 1.

Уравнения (1)-(3) образуют систему интегро-дифференциальных уравнений относительно функций $U_i(r)$, $i \in I_H$, и $u_i(r)$, $i \in I$. Функцию $U_i(r)$ ищем в виде разложениям по собственным волнам волновода, $u_i(r)$ – в виде разложениям по

четным функциям Матье для $i \in I_R$ и по функциям Ханкеля для $i = i_C$. В результате получается бесконечная система линейных алгебраических уравнений относительно коэффициентов указанных разложений, которая может быть решена методом редукции.

На рис. 2 показаны зависимости модулей коэффициентов матрицы рассеяния S_{ik} рассматриваемого соединения от частотного параметра $\chi = bk/(2\pi)$, где $k = 2\pi\sqrt{\lambda^{-2} - (2a)^{-2}}$, a и b – размеры стенок волноводов, λ – длина волны в свободном пространстве, при различных радиусах R кругового цилиндра. Принята следующая нумерация кривых: $1 - R = 0{,}1b$; $2 - R = 0{,}3b$; $3 - R = 0{,}5b$. Коэффициент отражения $|S_{11}|$ значительно зависит от радиуса штыря. Эта зависимость особенно усиливается в конце рабочего диапазона. При $R = 0{,}3b$ коэффициент отражения мало зависит от частоты и во всем рабочем диапазоне имеет значение 0,49. Коэффициент передачи $|S_{21}|$ практически не зависит от радиуса и частоты и приобретает значение близкое к 0,5. Коэффициент прохождения $|S_{31}|$ сильно зависит от радиуса. При увеличении радиуса передаваемая мощность из плеча 1 в плечо 3 уменьшается. В заключении, отметим, что для $R = 0{,}3b$ модули всех элементов матрицы рассеяния рассматриваемого устройства имеют постоянные значения близкие к 0,5 на всем рабочем диапазоне частот, что может иметь практическое применение при проектировании частотно-независимых делителей.

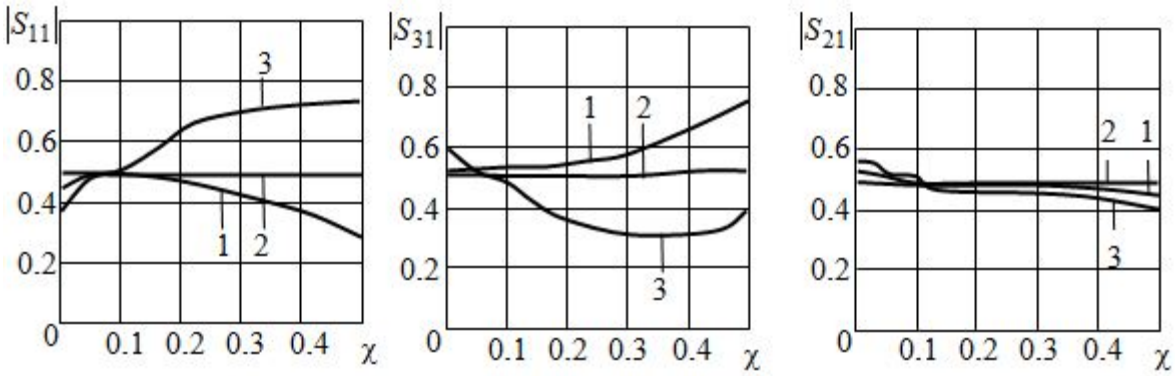


Рис. 2

[1] Chumachenko V. P. Domain-product technique solution for the problem of electromagnetic scattering from multiangular composite cylinders. IEEE Trans. Antennas Propagat. Vol. 51. №10. (2003). P. 2845–2851.

ANALYSIS OF FOUR-HEAVELESS E-CONNECTIONS OF WAVEGEETS WITH A CIRCULAR CYLINDER

I. Zinenko, V. Pyankov
Zaporizhzhya National Technical University
vppyankov@gmail.com

In this article, a rigorous electrodynamic analysis of the E-plane four-arm connection of rectangular waveguides with a circular cylinder in the center of the coupling cavity is carried out using the domain-product technique.

АНАЛІЗ ФУНКЦІОНУВАННЯ БЕЗКОШТОВНИХ ПОШТОВИХ СЕРВЕРІВ

Д. Свинаренко, І. Абросімов
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара,
dekan_ffeks@ukr.net

Сучасне функціонування великих організацій пов'язане з передаванням значної кількості даних електронною поштою за допомогою поштових серверів. Наявні аналітичні огляди присвячені питанням функціональності поштових серверів, надійності захисту інформації, зручності інтерфейсу, розмірів скриньок та листів, загальних засад роботи із серверами. Проте мало уваги приділено часовим характеристикам цих серверів та їх роботі із поштовими клієнтами.

Для дослідження було обрано 5 безкоштовних поштових серверів: mail.ua, mail.yandex.ua, gmail.com, rambler.ru, ukr.net. Основними критеріями для вибору були: безкоштовний доступ, велика кількість користувачів, наявність власних систем захисту від несанкціонованих дій. У процесі дослідження було здійснено організацію масових розсилок, виконуваних кожну годину з 8.00 до 19.00 (час найбільшого трафіку). Розсилки були виконані з кожного поштового сервера для 100 адресатів.

Для кожного поштового сервера експериментально визначені наступні характеристики:

- максимальна кількість листів, що дозволяє відправити сервер за одну розсилку;
- максимальна кількість листів за 4 розсилки, що здійснюються кожні півгодини (загальний час експерименту – 2 години);
- тривалість розсилки (для 100 листів);
- час до можливості відправки одного наступного листа після розсилки;
- час до можливості здійснення наступної масової розсилки.

Визначено, що найбільша кількість листів за одну розсилку відсилається з серверу mail.ua, найменша – з ukr.net. Найменший час відправки розсилки має ukr.net, найбільший – mail.ua. Найменші затримки перед наступною розсилкою має mail.ua, найбільші - rambler.ru. Тому для виконання швидкої розсилки невеликої кількості листів рекомендується використовувати ukr.net. Для розсилки великої кількості листів без обмежень у часі краще використовувати mail.ua. Середнім варіантом, що надає можливість надіслати досить велику кількість листів за короткий проміжок часу, є gmail.com.

COMPARATIVE ANALYSIS OF FUNCTIONING THE FREE POST SERVERS WITH PLURAL ACCESS

D. Svinarenko, I. Abrosimov
Oles Honchar Dnipro National University
dekan_ffeks@ukr.net

Work is devoted the comparative analysis of time responses of some servers sampled by criteria of a considerable quantity users (more than 100), presence of own systems of information safety, in the conditions of the maximum traffic. Guidelines concerning an optimal choice of a server by criteria of maximisation of quantity of users and minimisation of time dispatch are presented.

ДИФЕРІНТЕГРАЛЬНА МОДЕЛЬ ІМІТУВАННЯ ВІД‘ЄМНИХ ЕМНОСТЕЙ ТА ІНДУКТИВНОСТЕЙ У ФРАКТАЛЬНО КОНФІГУРОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

В. Онуфрієнко
Запорізький національний технічний університет, машинобудівний інститут
onufr@zntu.edu.ua

Електричні схеми, що виконують функції від‘ємних резисторів, від‘ємних ємностей та імітованих індуктивних елементів, використовуються в радіоелектроніці давно і практично реалізуються конвертерами із зосередженими параметрами. Останнім десятиріччям актуалізується дослідження метаматеріалів, що проявляють ефект вказаних від‘ємних функцій на основі напівпровідного середовища з розподіленими параметрами. Дослідниками з Purdue University для підвищення ефективності транзистора запропоновано технологічну реалізацію сегнетоелектричного шару з від‘ємною ємністю. Особлива увага виникає до питання про реалізації від‘ємної ємності як виду представлення від‘ємної реактивної провідності, що є еквівалентною індуктивністю [1].

Для виявлення екзотичних ефектів, що можуть виникати у приладах з від‘ємними ємностями та індуктивностями, розглядаємо фрактальну модель імітації для інтерпретації появи від‘ємної провідності наношару в електронних пристроях, що функціонують на відносно низьких частотах.

Диферінтегральна модель струмопровідних фрактальных радіоелементів розвивається на основі вводу хаусдорфової метрики та міри фрактальних точкових зарядів у вигляді диферінтегральної альфа-форми множин фізичних зарядів (елементів струму) в метаматеріальному середовищі [2].

Для фрактального матеріалу середовища запишемо розвинення в ряд скалярних компонент поляризації $P^{(\alpha)}(E)$ та струму $J^{(\alpha)}(E)$ за степенями електричної напруженості E (індекс (α) позначає результат дробового диферінтегрування $D_E^k f(0)$; α - показник степеню)

$$P^{(\alpha)}(E) = \varepsilon_0 \chi_e^{(\alpha)}(E) \cdot E^\alpha ; \quad J^{(\alpha)}(E) = \sigma^{(\alpha)}(E) \cdot E^\alpha ; \tag{1}$$

$$\sigma^{(\alpha)}(E) = \sigma_0^{(\alpha)} + \sigma_1^{(\alpha)} E + \ldots + \sigma_j^{(\alpha)} E^j + \ldots ; \quad \chi_e^{(\alpha)}(E) = \chi_{e0}^{(\alpha)} + \chi_{e1}^{(\alpha)} E + \ldots + \chi_{ej}^{(\alpha)} E^j + \ldots ;$$

$$\sigma_j^{(\alpha)} = \frac{(D_E^{j+\alpha} J)(0)}{\Gamma(j+1+\alpha)} ; \qquad \chi_{ej}^{(\alpha)} = \frac{(D_E^{j+\alpha} P)(0)}{\Gamma(j+1+\alpha)} . \tag{2}$$

Якщо застосувати положення про відсутність спонтанної поляризації для фрактального середовища, тобто покласти (1) таким, що дорівнює нулю, то формально це стає можливим, коли $E = 0, \quad \alpha > 0$, або $(D_E^\alpha P)(0) = 0$.

Якщо у першому випадку, як і у класичному, нульове значення $P^{(\alpha)}(0) = 0$ відповідає відсутності спонтанної поляризації, то у другому випадку, що відповідає наявності фрактально структурованого поля, з $(D_E^\alpha P)(0) = 0$ випливає можливість представлення першого доданку поляризації з (1) у явному вигляді степеневої функції $P(E,\alpha) = \frac{1}{\Gamma(1+\alpha)} \frac{C}{E^{1-\alpha}}$, де C – будь яка константа. Порівнюючи $P(E,\alpha)$ з (1),

помічаємо формальну рівність $P(E,\alpha)=a_\alpha D_E^\alpha \delta(E)$, де $D_E^\alpha \delta(E)$ - диферінтеграл дельта-функції Дірака. Аналогічний розгляд струму дає зв‘язок: $J(E,\alpha)=c_\alpha D_E^\alpha \delta(E)$.

Отже, впровадженням у штучне діелектричне, металеве, напівпровідникове середовище сторонніх джерел енергії з фрактальним дельта-подібним по полю E розподілом зарядів (струмів) можна створити штучну “спонтанну” нелінійну електричну поляризацію та електропровідність, що імітують від‘ємні ємності та індуктивності.

Виявлено, що виділення поляризаційних фрактальних струмів в моделі неоднорідного фрактального середовища дозволяє розглядати рівняння моделі однорідного середовища для задач конструювання електронних пристроїв на високих частотах [3] та в оптичному діапазоні, де у середовищі, що характеризується від‘ємними значеннями скейлінгового показника α, дійсна частина коефіцієнту рефракції стає від‘ємною, що узгоджується з фізичною моделлю рефракції хвиль у метаматеріальному середовищі.

Обговорюються перспективи застосування методу для імітування нелінійних резонансів у контурах з фрактальними від‘ємними конденсаторами та в напівпровідних штучних метаматеріалах затворів польових нанотранзисторів.

[1] Поклонский Н.А., Шпаковский С.В., Гобачук Н.И., Ластовский С.Б. Отрицательная емкость (импеданс индуктивного типа) кремниевых p^+-n-переходов, облученных быстрыми электронами. Физика и техника полупроводников. Т.40. Вып.7. (2006).С.824-828.

[2] Онуфрієнко В.М., Місюра А.О. Поляризованість та намагніченість несу цільного фрактального середовища. Радіоелектроніка.Інформатика.Управління. №1(15). (2006). С.14-20.

[3] Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufriyenko L.M. Planar fractally-shaped terahertz waveguide: on the Goos-Hanchen effect.14th International conference on advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering. Proceedings. (Lviv, Ukraine, April 2018). P. 1237-1240.

DIFFERINTEGRAL MODEL OF SIMULATING NEGATIVE CAPACITANCES AND INDUCTANCES OF A FRACTALLY CONFIGURED MEDIUM

V. Onufrienko

Dep. of Machine-building, Zaporizhzhia National Technical University

onufr@zntu.edu.ua

The differintegral model of conductive radioelements is developed on the input of the Hausdorff metric and the measure of fractal point charges (current elements) in a metamaterial medium. From the proposed fractal model, theoretical conclusions were obtained about the possibility of creating spontaneous nonlinear polarization and electrical conductivity in artificial media that simulate distributed negative capacitances and inductances.

The use of the fractal model for simulating nonlinear resonances in circuits containing negative capacitances of field-effect nanotransistors with gates is indicated.

РЕШЕТКА ИЗ ДВУХ ЭЛЕМЕНТОВ ВИВАЛЬДИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

С. Бухаров, Ю. Жорняк, Л. Цыпко
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
sergeyvbuharov@gmail.com

Антенна Вивальди является хорошо известной и широко применяемой антенной для сверхширокополосных систем. Вопросы анализа и синтеза подобных антенн широко представлены в работах многих авторов[1,2]. Частотный диапазон используемых антенн Вивальди обычно ограничивается двумя октавами, поскольку в некоторых диапазонах форма диаграммы направленности может быть неприемлемой для телекоммуникационных и радарных применений. В работе рассматривается решетка из двух антенн Вивальди с одним резонатором и делителем мощности на основе щелевой линии. Данная антенна может быть использована как отдельный излучатель, так и как элемент более сложных антенных решеток.

Антенна (рис.1) моделируется в программной среде FEKO, используется метод моментов. Полотно состоит из двух раскрывов, образованных дугами эллипсов. Питание раскрывов осуществляется щелевыми линиями, которые приходят от щелевого делителя мощности. Точка возбуждения находится возле резонатора, от которого идет линия на делитель мощности. Питание раскрывов является синфазным за счет инверсии фаз на выходе делителя и поворота линий питания. На боковых гранях раскрыва размещаются щели согласования и отсечки, которые улучшают согласование и диаграммы направленности.

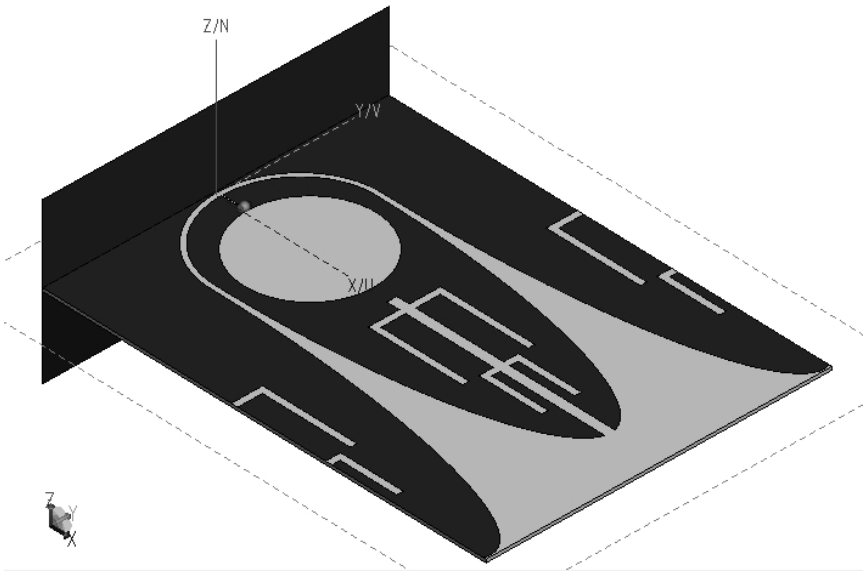


Рис. 1. Геометрия антенны.

Размер полотна антенны 210x280 мм, размеры экрана 210x100 мм. Диэлектрическая постоянная основания $\varepsilon' = 5.0$, тангенс угла потерь $tg\delta = 0.008$, радиус резонатора 40 мм, ширина щели питания делителя мощности 0.8 мм, ширина щели питания раскрывов 3 мм.

Частотная зависимость КСВ показана на рис. 2. Диаграммы направленности для некоторых частот рис.3

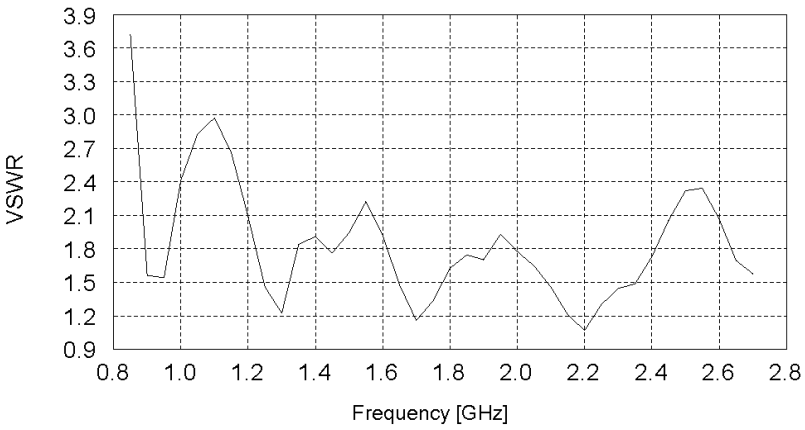
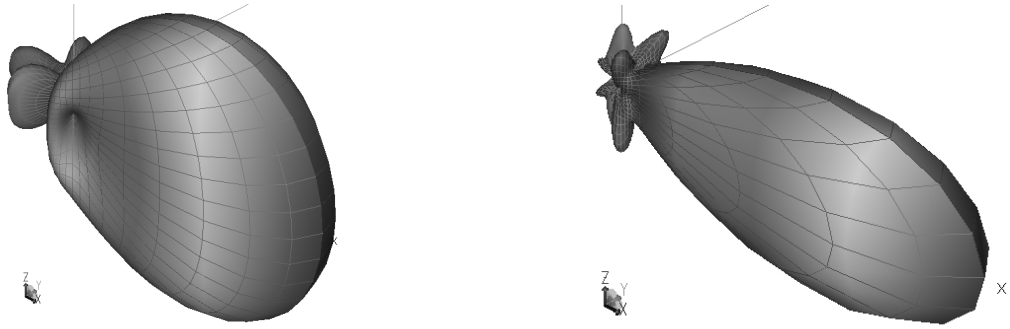


Рис. 2. Частотная зависимость КСВ



а) б)

Рис. 3. Диаграммы направленности:
а) 950 МГц, коэффициент усиления 6.6 дБ; б) 2200 МГц, коэффициент усиления 10.6 дБ

Размеры раскрыва, конструкция делителя мощности, способ питания, размер резонатора, форма и положение щелей оказывают значительное влияние на характеристики антенны и могут быть оптимизированы для отдельных применений.

[1] Pandey G. K, Singh H. S., Bharti P. K., Pandey A., Meshram M. K. High Gain Vivaldi Antenna for Radar and Microwave Imaging Applications. International Journal of Signal Processing Systems Vol. 3, No. 1, June 2015, pp 35-39
[2] Kuprith V.U., Mescheryakov A.A., Krutikov M.V. Broadband antenna array with Vivaldi elements for radio monitoring systems. Proceedings of Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics №1(23),2011, pp.18-21

LATTICE OF TWO VIVALDI ELEMENTS FOR TELECOMMUNICATIONS

S. Bukharov, U. Gornyak, L. Tsypko
Oles Honchar Dnepr National University
sergeyvbuharov@gmail.com

The lattice of two Vivaldi elements for the frequency range 900-2700 MHz is considered. The antenna is modeled by method of moments in the FEKO software environment. The received results can be used by systems of telecommunications, radio monitoring, radars aplications.

АДАПТИВНА ПОРОГОВА ОБРОБКА ВУЗЬКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ У ЧАСТОТНІЙ ОБЛАСТІ

М. Бугайов
Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова
karunen@ukr.net

В умовах апріорної невизначеності про рівень адитивного широкосмугового шуму і параметри вузькосмугових сигналів, які потрібно виявити, актуальними залишаються порогові методи оброблення. Алгоритм виявлення вузькосмугових сигналів при апріорній невизначеності повинен бути нечутливим або слабкочутливим до невідомих параметрів та статистичних характеристик сигналів і шумів або оцінювати їх і здійснювати адаптацію до виміряних значень [1].

Для отримання статистично стійких спектральних оцінок було застосовано періодограмні методи, що ґрунтуються на перетворенні відліків сигналу на основі швидкого перетворення Фур'є і їх подальшому усередненні, та можуть бути застосовані майже до всіх класів сигналів і шумів, які володіють стаціонарними властивостями [2].

У результаті проведених досліджень було встановлено, що значення частотних відліків шуму $\tilde{X}_w$, які нормовані до енергії прийнятої реалізації, обмеженої вікном w довжиною N відліків, підпорядковані експоненціальному розподілу з параметром $\lambda = m_{\tilde{X}_w} = \sigma_{\tilde{X}_w} \approx 2N^{-1}$. Сума M незалежних однаково розподілених експоненціальних випадкових величин, якими є шумові відліки $\tilde{X}_w(k)$, що відповідає випадку накопичення періодограм, має гамма-розподіл із параметрами форми $\alpha = m^2_{\tilde{X}_{w,M}} \sigma^{-2}_{\tilde{X}_{w,M}}$ і масштабу $\beta = \sigma^2_{\tilde{X}_{w,M}} m^{-1}_{\tilde{X}_{w,M}}$ [3], та описується таким виразом:

$$p\left(\tilde{X}_{w,M};\alpha,\beta\right) = \tilde{X}_{w,M}{}^{\alpha-1}\beta^{-\alpha}\Gamma^{-1}(\alpha)\exp\left(-\frac{\tilde{X}_{w,M}}{\beta}\right), \tag{1}$$

де $\Gamma(\cdot)$ - гамма-функція.

Значення порогу γ для заданої ймовірності хибної тривоги P_F можна знайти через обернену функцію гамма-розподілу gaminv як її відповідний квантиль:

$$\gamma = \mathrm{gaminv}\left(\left(1-P_F\right),\alpha,\beta\right). \tag{2}$$

Значення параметрів гамма-розподілу шумових відліків для найбільш поширених типів періодограм наведено у табл. 1. Згладжування періодограми проводиться методом Даньєлла (періодограма згладжується шляхом усереднення R сусідніх частотних відліків). Коефіцієнт $C = 1..1,6$ визначається типом віконної функції і збільшується при зростанні коефіцієнта втрат вікна.

Сума відліків реалізації ШПФ $\tilde{X}_w$ дорівнює 1, тому при високих значеннях відношення сигнал-шум амплітуди шумових відліків будуть меншими, ніж у випадку, коли в прийнятій реалізації сигнал відсутній. Тому існує необхідність у зниженні

значення порогу γ для підвищення ймовірності виявлення слабких вузькосмугових сигналів.

Таблиця 1. Значення параметрів гамма-розподілу шумових відліків

Тип періодограми	Параметр	
	α	β
Періодограма (будь-яке вікно)	1	$2N^{-1}$
Згладжена періодограма (прямокутне вікно)	R	$2(RN)^{-1}$
Згладжена періодограма (непрямокутне вікно)	RC^{-2}	$2C^2(RN)^{-1}$
Накопичена періодограма (будь-яке вікно)	M	$2(MN)^{-1}$
Згладжена накопичена періодограма (прямокутне вікно)	RM	$2(RMN)^{-1}$
Згладжена накопичена періодограма (непрямокутне вікно)	RMC^{-2}	$2C^2(RMN)^{-1}$

Встановлено, що значення адаптивного порогу γ_a є монотонно спадною функцією від значення статистики шумових відліків $Q = \mathrm{var}\left(\tilde{X}_w\right) mean^{-2}\left(\tilde{X}_w\right)$ і може бути записане в такому вигляді:

$$\gamma_a(Q) = \gamma^{Q^{\phi} - Q_{\xi}^{\phi} + 1}, \tag{3}$$

де $\phi \approx 1..3$ − параметр, що визначає форму кривої γ_a; $Q_{\xi} = \beta$ − значення Q для шуму.

Запропонований підхід до адаптації порогу при обробленні вузькосмугових сигналів у частотній області не потребує вимірювання рівня шуму і може бути використаний при розробленні математичного забезпечення для систем широкосмугового радіомоніторингу.

[1] Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. Москва : Радио и связь. (1989). 656 с.
[2] Марпл-мл. С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. пер. с англ. Москва : Мир. (1990). 584 с.
[3] Королюк В. С., Портенко Н. И., Скороход А. В., Турбин А. Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. Москва : Наука. (1985). 640 с

ADAPTIVE TRESHOLDING OF NARROWBAND SINGALS IN FREQUENCY DOMAIN

M. Buhaiov
S. P. Korolev Zhitomir Military Institute
karunen@ukr.net

The paper considers problem of narrowband signal detection in a priori acknowledgment of noise level. Proposed adaptive tresholding of such signals in spectral domain can be implemented in wideband system of radio scanning.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ З ПОВЕРХНЕВИМИ ПЛАЗМОННИМИ РЕЗОНАНСАМИ

Б. Демченко, М. Андреев
Дніпровський національний університет
dsu-microwave@mail.ru

Останнім часом розвиток нанотехнологій сприяє формуванню нових перспективних напрямків сучасної прикладної фізики, зокрема плазмоніки, яка розглядає взаємодію електромагнітного випромінювання із плазмою вільних електронів металевих провідників та напівпровідників. В основі плазмоніки лежать явища резонансного збудження поверхневих плазмонних поляритонів, тобто електромагнітних хвиль, що поширюються вздовж поверхні металу або напівпровідника, і локальних (поверхневих) плазмонів у просторово-обмежених системах (наноточках і нанодротах). Поверхневі плазмонні резонанси останній час знаходять широке застосування для створення різноманітних біосенсорів, що обумовлює важливість комп'ютерного моделювання цих ефектів для встановлення основних закономірностей в їх характеристиках.

Комп'ютерне моделювання характеристик об'єктів з поверхневими плазмонними резонансами виконувалося за допомогою програмного середовища HFSS. Для цього програмними засобами HFSS був встановлений спеціальний вигляд частотної залежності діелектричної проникності цих об'єктів, який визначається моделлю Друде. В HFSS були досліджені частотні спектри розсіювання рядом типових об'єктів, в яких можуть виникати поверхневі плазмонні резонанси. За допомогою дробово-раціональної апроксимації [1] були знайдені резонансні частоти поверхневих плазмонних резонансів, що виникають у цих об'єктах. Було встановлено, що перехід від циліндричної форми нанодроту до біконічної дає змогу отримати деяке розрідження спектру, що важливе для їх практичного застосування.

Результати роботи можуть бути корисними при створенні різноманітних біосенсорів та спазерів (плазмонних наноджерел електромагнітного випромінювання).

[1] Andreev M. V., Drobakhin O. O., Stognii N. P., Sakhnenko N. K. Fractional-Rational Representation of the Frequency Spectrum of the Scattered Field for a Drude-Metal Nanowire Resonating on Localized Surface Plasmons // Proc. of XXII Int. Seminar/Workshop on Direct and Inverse Problems of Electromagnetic and Acoustic Wave Theory, Dnipro, Ukraine, September 25-28, 2017. – pp. 53-57.

COMPUTER SIMULATION OF THE CHARACTERISTICS OF OBJECTS WITH SURFACE PLASMON RESONANCES

B. Demchenko, M. Andreev
Oles Honchar Dnipro National University
dsu-microwave@mail.ru

Computer simulation of the characteristics of objects with surface plasmon resonances has been examined; HFSS software environment was used to calculate these characteristics. The resonance frequencies of surface plasmon resonances have been obtained using fractional-rational approximating. The advantage of biconical nanowires has been shown.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЯЗАННЫХ ОТКРЫТЫХ КОАКСИАЛЬНЫХ РЕЗОНАТОРОВ С НЕФОКУСИРУЮЩИМИ ЗЕРКАЛАМИ

В. Мамедова, В. Павленко, Д. Салтыков
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара,
mr.vpavlenko@gmail.com

Целью работы было исследование свойств связанных открытых коаксиальных цилиндрических резонаторов (ОКЦР) с «нефокусирующими зеркалами» [1]. Рассмотренный ОКЦР представляет собой отрезок коаксиального волновода с центральным проводником биконического профиля [2]. Резонансные колебания в таком резонаторе возникают за счет отражения приповерхностных волн типа H_{m1} коаксиального волновода от «нефокусирующих зеркал» – критических сечений $z_{кр}$, которые образуются в расширяющихся частях резонатора. Такие резонаторы обладают разреженным спектром собственных частот и высокой добротностью. Благодаря этим свойствам резонаторы данного типа могут успешно применяться при создании высокодобротных узкополосных фильтров СВЧ диапазона.

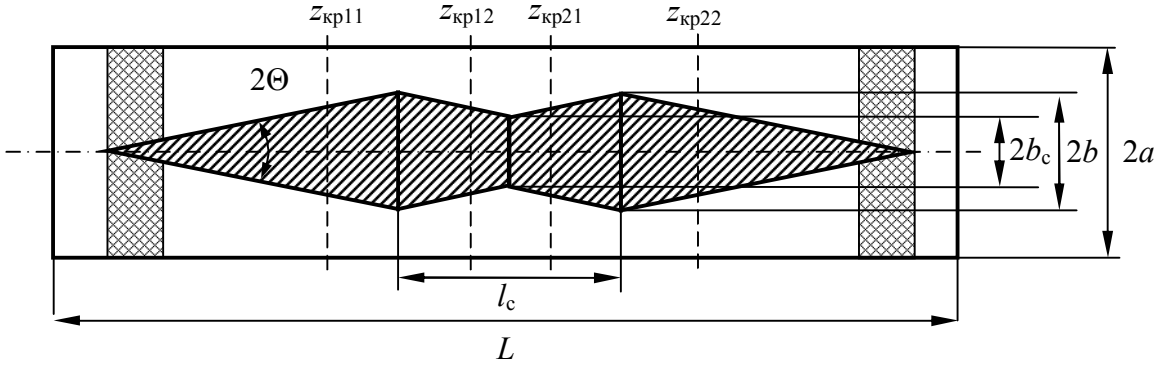


Рис. 1. Связанные ОКЦР с нефокусирующими зеркалами

В этой связи было проведено численное моделирование системы из двух связанных ОКЦР рассматриваемого типа с помощью ПО, реализующего метод конечных элементов. Исследуемая структура представляет собой отрезок регулярного цилиндрического волновода с аксиальным металлическим сердечником, представляющим собой соединение двух биконических элементов (рис. 1). Сердечник фиксируется вдоль оси резонатора с помощью радиопрозрачных втулок из материала с малыми диэлектрической проницаемостью и потерями ($\varepsilon = 1{,}1$, $\mathrm{tg}\delta \sim 10^{-4}$), расположенных на краях резонансной структуры.

Связь между резонаторами осуществлялась через закритическую область в центральной части резонатора. Степень связи регулировалась изменением радиуса центрального сечения сердечника b_c при сохранении неизменным значения угла при вершине конуса Θ (т.е. при увеличении радиуса центрального сечения b_c длина центральной области l_c уменьшается и связь между резонаторами увеличивается). При приближении связи к критической резонансные пики частотной характеристики коэффициента передачи сближаются и перекрываются друг с другом, образуя частотную характеристику типичную для полосно-пропускающего фильтра Чебышева 1-го рода.

Были исследованы зависимости собственных параметров структуры от степени связи резонаторов, их геометрических размеров и параметров заполняющей среды. Особый интерес представляло исследование влияния геометрических размеров биконической сердцевины на степень связи и характеристики резонатора. Основной задачей было исследование возможностей применения ОКЦР с нефокусирующими зеркалами для создания фильтров СВЧ.

На рис. 2 показан пример частотной характеристики системы двух связанных ОКЦР на базе волновода диаметром $2a = 35$ мм и металлического сердечника максимального диаметра $2b = 28$ мм с углом при вершине конуса $\Theta = 8°$. Резонаторы запитывались с помощью круглых отверстий диаметром 8 мм в стенке волновода. Диаметр среднего сечения области связи $2b_0 = 6$ мм, длина области связи $l_c = 44$ мм.

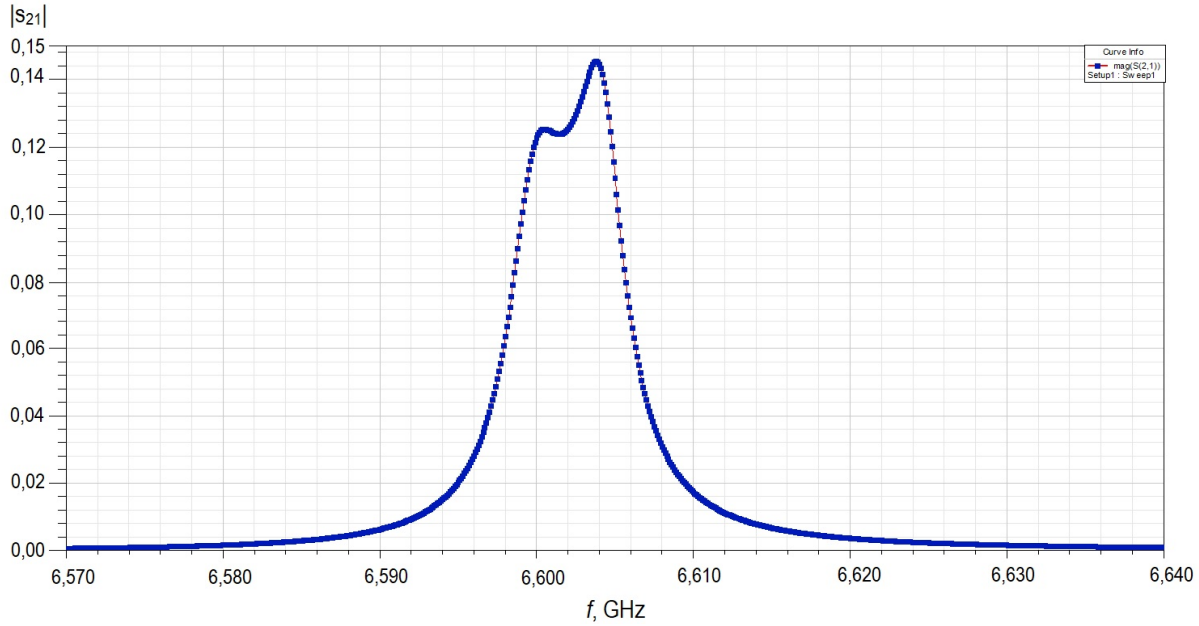


Рис. 2. Частотная характеристика системы связанных ОКЦР с нефокусирующими зеркалами

[1] Нефедов Е.И. Открытые коаксиальные резонансные структуры. – М.: Наука, 1982. – 220 с.

[2] Нефедов Е. И., Привалов Е. Н. Одночастотные колебания в коаксиальных резонаторах с нефокусирующими зеркалами // ДАН СССР. – 1989. – Т. 307, № 4. – С. 872-876.

INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF OPEN COAXIAL CYLINDRICAL RESONATOR WITH UNFOCUS MIRRORS

V. Mamedova, V. Pavlenko, D. Saltykov
Oles Honchar Dnipro National University
mr.vpavlenko@gmail.com

The research of properties of coupled open coaxial cylindrical resonators with "not focusing mirrors" was the purpose of this paper. Numerical modeling of a system of two coupled resonators of this type was carried out, dependences of own parameters of the resonator depending on coupling degree, the used configuration and the geometrical dimensions of a system, and environment parameters were investigated.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ СКЛАДНИХ СИГНАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВИЯВЛЕННІ ОКРЕМИХ ТОНІВ СИГНАЛУ

С. Веклич
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
s.veklych@gmail.com

Традиційним методом первинного виявлення параметрів і демодуляції контрольованих сигналів в даний час є їх аналіз на основі алгоритмів швидкого перетворення Фур'є (ШПФ). Апарат ШПФ, оптимізований за обчислювальними витратами, не завжди є кращим з точки зору надлишкової розмірності задачі [1]. Цікавим є розробка теоретичних і практичних основ застосування звичайного апарату лінійної алгебри для оптимізації обчислювальних витрат і підвищення характеристик точності демодуляції складних сигналів. Розглянемо деякі алгоритми та методи обробки сигналів, які дозволяють виявляти окремі тони сигналу, не вирішуючи надлишкову завдання.

Алгоритм Герцеля є процедура обчислення дискретного перетворення Фур'є. Він дозволяє зменшити число необхідних перемножень, але на дуже малий множник. Складність даного алгоритму дорівнює n^2, тому він не належить до алгоритмів ШПФ. Алгоритм Герцеля корисний в тих випадках, коли потрібно обчислити малу кількість компонент перетворення Фур'є, - як правило, не більше ніж $\log_2 n$ з n компонент. Так як ШПФ - алгоритми обчислюють всі компоненти перетворення, то в цих випадках доводиться відкидати непотрібні компоненти [2].

Алгоритм Герцеля дозволяє обчислювати значення k-го біна N-точковий ДПФ:

$$S_N(k) = \sum_{n=0}^{(N-1)} x(n) \cdot W_N^{kn}, \quad W_N^{kn} = \exp\left(-j\frac{2\pi}{N}nk\right) \tag{1}$$

і являє собою НІХ-фільтр другого порядку з двома дійсними коефіцієнтами в зворотного зв'язку і одним комплексним коефіцієнтом в прямому зв'язку фільтра.

Одним з недоліків даного алгоритм є те, що він не дозволяє обчислити велику кількість компонент коефіцієнтів Фур'є. І в задачах, коли необхідно розрахувати компоненти коефіцієнтів відразу для декількох компонент, цей алгоритм буде не ефективний. У таких випадках пропонується використовувати метод лінійної алгебраїчної обробки складних сигнальних конструкцій [3].

Для спрощення обчислень коефіцієнтів спектру сигналів пропонується використовувати метод алгебраїчної обробки складних сигнальних конструкцій. Ідея даного методу полягає в статистичному виявленні кількості фіксованих значень фаз гармонічних коливань на піднесучих частотах, які спостерігаються. Для цього складається система лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР) виду:

$$A \cdot X = B, \tag{2}$$

де A − матриця амплітуд квадратурних компонент на інтервалі модуляції; B − вектор значень сигналу в цифровому вигляді в кожному відліку інтервалу модуляції; X − вектор шуканих значень амплітуд для заданого інтервалу модуляції. Розмірність матриці A визначається кількістю відліків N, що беруться до уваги при аналізі

сигналу на одному інтервалі модуляції, і таким числом квадратур гармонік $(2 \cdot n_{f_{\max}})$. Найбільш вигідним з точки зору максимального врахування інформації про сигнал є випадок рішення перевизначеної СЛАР $(N > 2 \cdot n_{f_{\max}})$. Ступінь перевизначення системи характеризується коефіцієнтом $\mu = W/2$ і описує асиметрію розмірів матриці $W \times 2$. Матриця A і вектор B формується, використовуючи максимальну кількість вимірювань на інтервалі модуляції тривалістю T_p, що визначається величиною $Num \approx T_p / t_d$:

$$\begin{aligned}
&\mathrm{A} = \left\| a_{i,j} \right\|, \quad i = 0, \ldots, (Num-1), \quad j = 0 \ldots \left(2 \cdot n_{f\max} - 1\right); \\
&a_{i,j} = s\sin\left[2\pi(f_0 + q \cdot \Delta f) \cdot t_i\right], \quad 0 \le j \le n_{f\max} - 1; \qquad (3) \\
&a_{i,j} = c\cos\left[2\pi(f_0 + q \cdot \Delta f) \cdot t_i\right], \quad n_f \le j \le 2 \cdot n_{f\max} - 1; \\
&\mathrm{B} = \left\{ b_0, \ldots, b_{(Num-1)} \right\}, \quad b_v = q_v, \quad v = 0, \ldots, \left(Num - 1\right). \qquad (4)
\end{aligned}$$

Система (2) має безліч рішень. На практиці найбільш часто використовують критерій найменших квадратів, що приводить до оцінки виду:

$$\mathrm{X}^* = (\mathrm{A}^T \cdot \mathrm{A})^{-1} \mathrm{A}^T \cdot \mathrm{B}. \qquad (5)$$

Рішення системи (5) є наближеним, але результат виходить більш точним. Завадостійкість рішення досягається шляхом усереднення дії перешкод при числі вимірювань сигналу, що перевищує мінімально необхідну.

Метод алгебраїчної обробки складних сигнальних конструкцій дозволяє зробити демодуляцію сигналу шляхом вирішення СЛАР без використання методу ШПФ. За рахунок перевизначення СЛАР і досягається стійкість даного рішення, шляхом усереднення дії перешкод при великому числі вимірювань сигналу. Застосування даного методу при демодуляції сигналів дозволить обчислювати параметри спектра сигналів тільки потрібної номенклатури частот.

[1] Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. Москва: Радио и связь. (1983).320 с.
[2] Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. Москва: Мир. (1989). 448 с.
[3] Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. Москва: Бином. (2006). 635 с.

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL METHODS OF PROCESSING OF COMPLEX SIGNAL STRUCTURES AT DETECTION OF SEPARATE TONES

S. Veklych
V.N. Karazin Kharkiv National University
s.veklych@gmail.com

The relevance of application of algebraic methods at demodulation of signals in modern information transmission systems is emphasized.

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ПОТУЖНОСТІ СИГНАЛУ В ДІАПАЗОНІ 5 ГГЦ ДЛЯ СТАНДАРТУ 802.11

Д. Михалевський
Вінницький національний технічний університет
adotq@ukr.net

Як відомо, ефективна швидкість передачі інформації має прямо пропорційну залежність від рівня потужності сигналу на вході приймального пристрою [1]. Одним із негативних факторів є багатопроменеве поширення хвиль в умовах наявності значної кількості відбиваючих поверхонь у приміщенні [2]. В даній роботі досліджено випадок центрального розміщення точки доступу (ТД) стандарту 802.11ac для діапазону 5 ГГц.

На рис. 1 наведено результати експериментальних досліджень для двох типових випадків: наявність незначної кількості відбиваючих поверхонь у приміщенні (заповнення менше 30 %) та значна кількість відбиваючих поверхонь (заповнення більше 30 %).

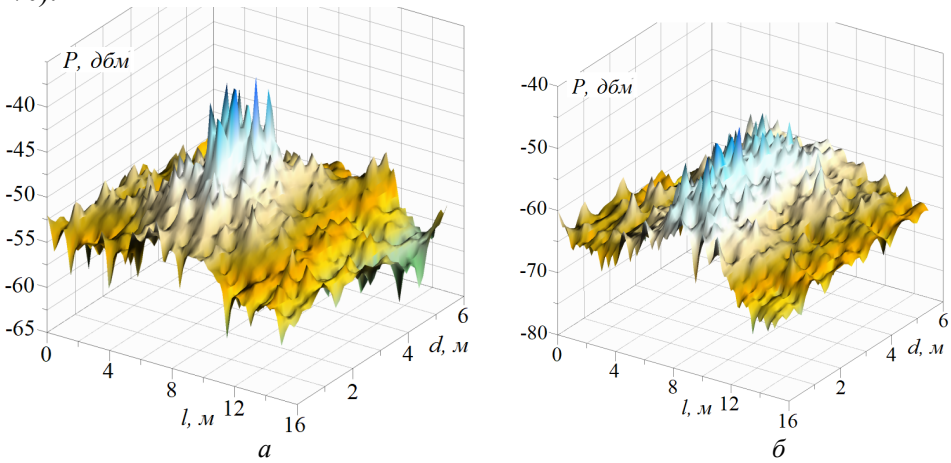


Рис. 1. Розподіл потужності сигналу для кутового розміщення ТД у приміщенні при: *а* – заповненні менше 30 %; *б* – заповненні більше 30 %

[1] Михалевський Д.В., Городецька О.С. Оцінка ефективної швидкості передачі інформації для сімейства стандартів 802.11x у діапазоні 2.4 ГГц. Сборник научных трудов Sword. № 3(40). Т. 3. (2015). С.43-47.

[2] Михалевський Д.В., Гузь М.Д. Оцінка розподілу потужності сигналу передавача стандарту 802.11 у приміщенні. Сборник научных трудов Sword. №1(38). Т. 3. (2015). С. 48-52.

SPACE DISTRIBUTION OF SIGNAL POWER IN 5 GHz BAND FOR 802.11 STANDARD

D. Mykhalevskiy
Vinnytsia national technical university
adotq@ukr.net

In this paper, experimental data are presented for space distribution of signal power in 5 GHz band for 802.11 wireless channel. Research were conducted for filling rooms less than 30%, and more than 30%.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРОСМУЖКОВОЇ АНТЕНИ ТИПУ BOW-TIE

В. Акішин, М. Андрєєв
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
akishinvladislav1995@gmail.com

В результаті поширення супутникових телекомунікаційних систем, які відрізняються компактністю, особливого розвитку набули антени мікрохвильового діапазону, що виконані за мікросмужковою технологією. Але для цього типу антен існує проблема визначення їх основних характеристик, бо існуючи методи розрахунку дозволяють отримати дуже неточні значення. Для розв'язку цієї проблеми останнім часом знаходять застосування комп'ютерні методи розрахунку характеристик антен будь-якої довільної топології. Для встановлення можливостей такого підходу в роботі було розглянуто моделювання характеристик мікросмужкової антени типу «метелик» (bow-tie antenna) [1-3].

З використанням програмного пакету CST Microwave Studio було спроектовано дві мікросмужкові антени типу «метелик» з різною реалізацією і робочою частотою 2,4 ГГц. Розглядалися класична (рис. 1) та самодоповнююча (рис. 2) реалізації. Для їх порівняння визначалися коефіцієнт відбиття та діаграма спрямованості. Використання самодоповнюючої реалізації антени [2] мало призвести до зниження коефіцієнту відбиття від антени та підвищення її ефективності. В результаті розрахунків за допомогою CST Microwave Studio було визначено, що коефіцієнт відбиття для антени с класичною реалізацією на центральній частоті має значення –21 дБ, а для самодоповнюючої антени він знижується до –39 дБ. Отримані діаграми спрямованості та ефективність змодельованих антен показані на рис. 1 та 2. Таким чином, використання самодоповнюючої реалізації антени дає змогу отримати більш ефективну антену компактної конструкції для використання в портативній електроніці.

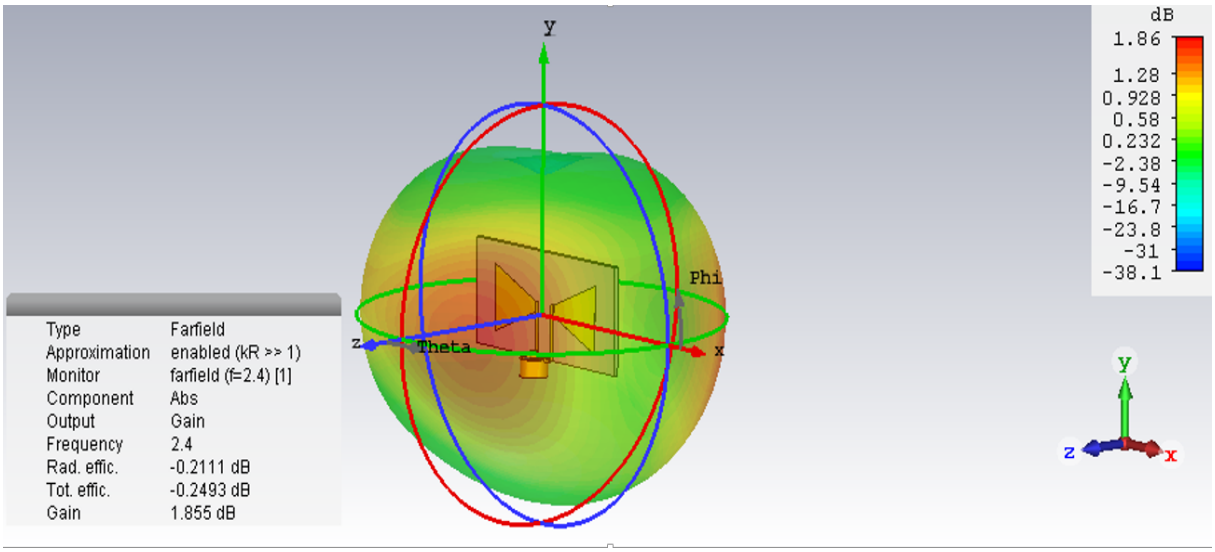


Рис. 1. Тривимірна діаграма спрямованості антени типу «метелик» з класичною реалізацією (2,4 ГГц)

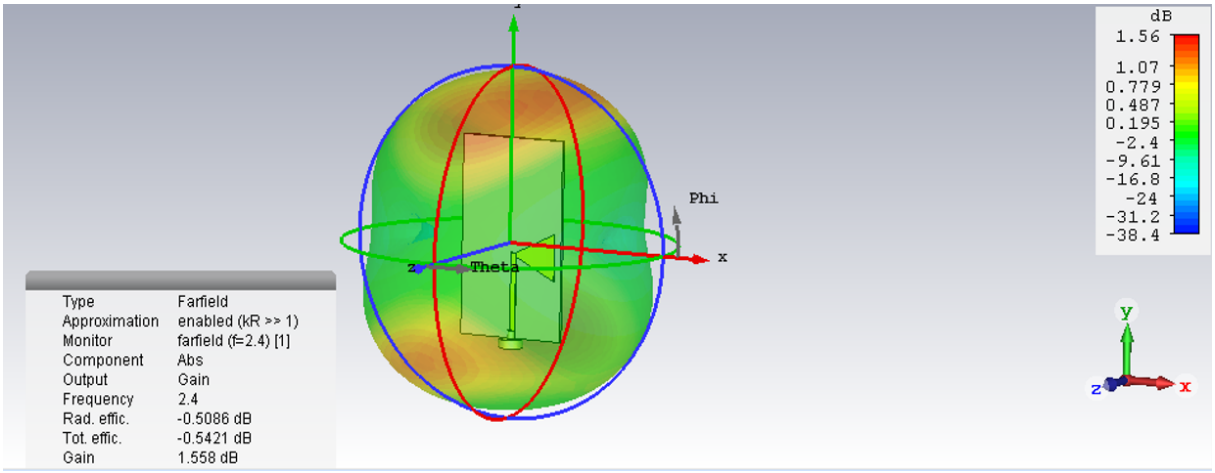


Рис. 2. Тривимірна діаграма спрямованості самодоповнюючої антени типу «метелик» з класичною реалізацією (2,4 ГГц)

В результаті проведених досліджень було встановлено, що використання пакету CST Microwave Studio дає змогу обчислювальним шляхом визначити характеристики мікросмужкової антен будь-якої довільної топології та при необхідності виконати їх необхідну оптимізацію. В результаті такої оптимізації були отримані параметри самодоповнюючої реалізації мікросмужкової антени типу «метелик», які дають змогу знизити коефіцієнт відбиття до –39 дБ, що значно підвищує ефективність використання цієї конструкції в портативній електроніці.

[1] Антенны для портативной электроники: научное издание / Е. Воробьев // Электронные компоненты: [Информ. журн.]. – 2003. – 76 с.
[2] Антенны. Том 2. Ротхаммель К., Кришке А: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс. – 416с., 2011.
[3] Антени НВЧ. Посібник до вивчення курсу "Антено-фідерні пристрої" [Текст] / М. В. Андрєєв [та ін.] – Д.: РВВ ДНУ, 2008. – 70 с.

COMPUTER SIMULATION OF THE CHARACTERISTICS OF A MICROSTRIP ANTENNA OF BOW-TIE TYPE

V. Akyshin, M. Andreev
Oles Honchar Dnipro National University
akishinvladislav1995@gmail.com

Computer simulation of the characteristics of a microstrip antenna of bow-tie type operating in the frequency range 2.4 GHz has been examined. CST Microwave Studio software environment was used to calculate these characteristics. The reflection coefficient of two realizations of bow-tie type microstrip antenna has been obtained and optimized. The advantage of self-supporting implementation of bow-tie type microstrip antenna has been shown.

БАГАТОЦІЛЬОВИЙ ПРИСТРІЙ НА БАЗІ СВІТЛОВОГО МІКРОСКОПУ

М. Корабельников
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
megamen212@gmail.com

Механічна частина мікроскопа, а саме позиціювання об'єкта досліджень та окуляра має високу точність. Точність світлових мікроскопів дорівнює 10-100 мкм в залежності від конструкції мікроскопу. Саме ця особливість, та відсутність люфтів дозволило побудувати на основі мікроскопу багатоцільового пристрою.

Для початку була розроблена система автоматизації, її структурна схема (рис.1) у якості керуючого органу виступає контролер який являє собою плату з мікроконтролером, що комутує усі інші елементи автоматизації з комп'ютером. Під іншими елементами мають на увазі двигуни, що закріпленні на усіх передаточних вузлах мікроскопу, а саме на ручках (при їх наявності) керуванням переміщення об'єкту по осям XY, та переміщення тубуса с окуляром по осі Z. Як видно зі схеми двигуни приєднані до робочої поверхні. Робоча поверхня являє собою предметний столик мікроскопа з зразкоподавачем які й відповідають за розміщення об'єкта досліджень по осям XY, а датчики положення дозволяють відстежувати об'єкт у системі координат.

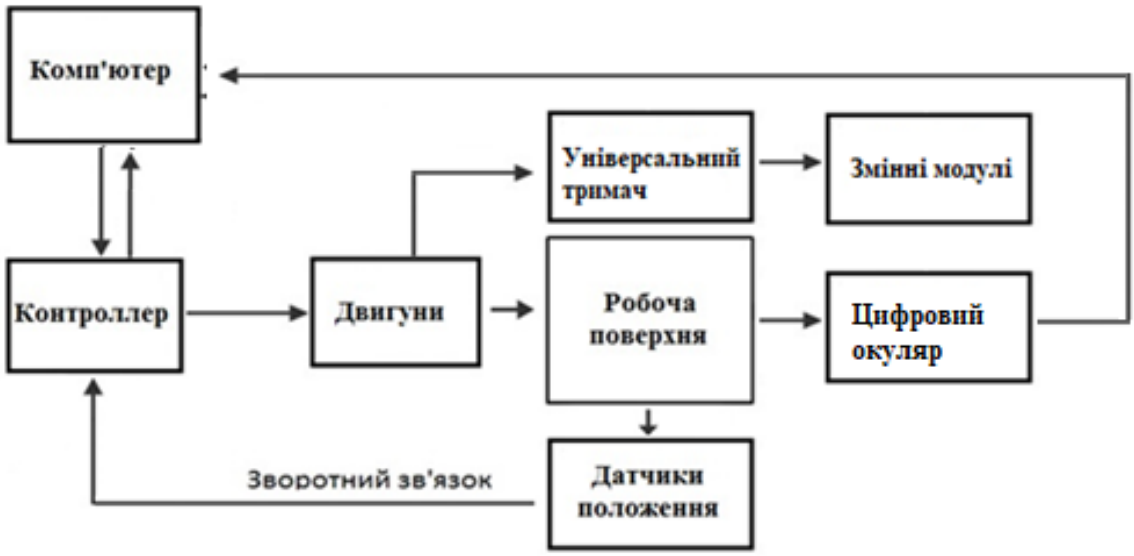
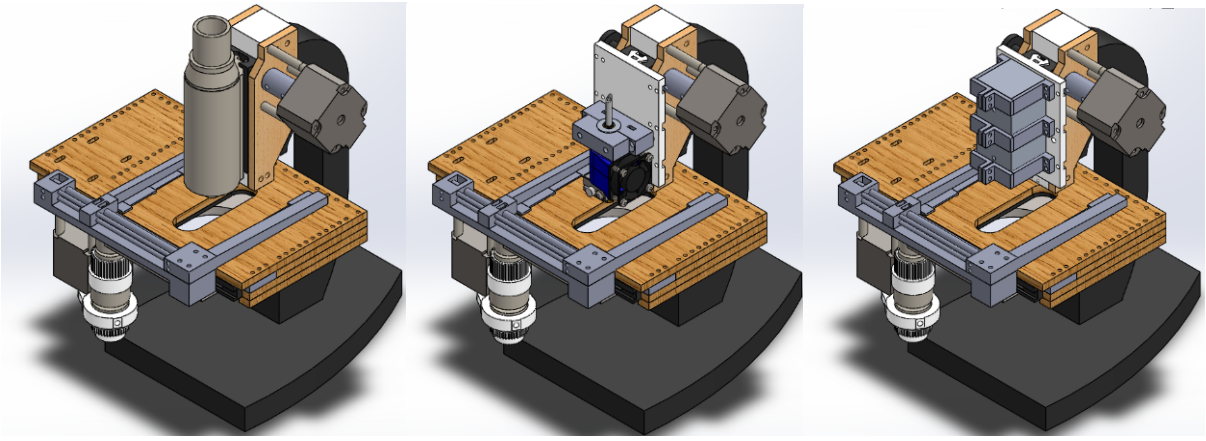


Рис. 1. Структурна схема системи автоматизації мікроскопа

Основною ідеєю пристрою є використання механіки мікроскопа, та різних модулів, що замінюють штатний тубус, тим самим перетворюючи мікроскоп у мікро свердлильний верстат (з можливістю фрезерування), мікро лазерний гравер, а також у 3D принтер. Було розроблено універсальне кріплення, що дозволяє легко змінювати насадки. Отриманий пристрій (рис.2) має область взаємодії з об'єктами, що дорівнює 100*45*50 мм (Ш*Д*В).

Завдяки спеціальному програмному забезпеченню комп'ютері, основною задачею, є генерування, та посилання G-кодів можливе повне керування пристроєм, а саме як пряме керування переміщення по осям, так й побудова моделі переміщень, або

гравіювання (свердлення, фрезерування, друку). Подібне програмне забезпечення існує у відкритому доступі.



а б в

Рис. 2. Модель пристрою:
а – автоматизований мікроскоп, б – 3D принтер, в – лазер

[1] Самородов А. В., Косоруков А. Е., Самородова О. А., Добролюбова Д. А., Войнова Н. А. Автоматизация оптического микроскопа с использованием штатного предметного стола, Инженерный вестник # 05, май 2016-508с. Издатель: Общероссийская общественная организация "Академия инженерных наук им. А.М. Прохорова".

[2] Paddock, S. W., Fellers, T. J., and Davidson, M. W. (2015). Confocal microscopy: Basic concepts. In *MicroscopyU*. Retrieved [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.microscopyu.com/articles/confocal/confocalintrobasics.html.

[3] Гужов В.И., Ильтимиров Д.В., Хайдуков Д.С., Чернов О.В., Полубинский С.Л. Модификация оптических микроскопов, "Автоматика и программная инженерия", №2 2016-71с.

MULTIPLE DEVICE AT THE LIBRARY MICROSCOPE BASE

N. Korabelnikov
Oles Honchar Dnipro National University
megamen212@gmail.com

The mechanical part of the microscope, namely the positioning of the object of research and the eyepiece, has a high accuracy. The accuracy of light microscopes is 10-100 microns, depending on the design of the microscope. It is this feature, and the lack of a backlash made it possible to build a multipurpose device based on a microscope. The main idea of the device is the use of a microscope mechanic, and different modules that replace the standard tube, thereby converting a microscope into a micro-milling machine (with milling capabilities), a micro laser engraver, as well as a 3D printer.

ВИДІЛЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ НОТ В АУДІОПОТОЦІ

О. Пустівий, А. Парамонов
Донецький національний університет імені Василя Стуса
a.paramonov@donnu.edu.ua

Обсяг цифрового контенту зростає значними темпами. Щоденно в інтернет потрапляють нові дані різного контенту, серед яких і оцифровані аудіопотоки. Тому досить гостро стає питання обробки цих даних, зокрема з метою пошуку та ідентифікації інформації. Сучасний стан розвитку IT галузі дозволяє реалізувати системи обробки цифрової інформації в автоматичному режимі.

В роботі пропонується підхід до автоматизації процесу побудови нотного стану на підставі аналізу аудіопотоків. Це може знайти впровадження у таких прикладних задачах, як складання музичної нотації твору, каталогізація або пошук композиції за жанром (стилем) виконання або за виконавцем чи композитором. Також можна використати таку автоматизовану систему для експертизи музичного твору з метою виявлення плагіату. Задачу розпізнавання музичних записів можна вирішувати різними методами в залежності від типу: розпізнавання за наявним фрагментом, розпізнавання за наспівуванням, пошук нечітких дублікатів, пошук кавер–версій і реміксів, виділення мелодії з поліфонічного сигналу, класифікація музики, автотегування, пошук подібних/рекомендації.

Для розробки автоматизованої системи було виконано порівняння існуючих методів перетворення мелодії в нотний стан. В якості досліджуваних алгоритмів були обрані алгоритм Рейдера та алгоритм Кулі-Тьюкі [1]. На сьогодні для розпізнавання фрагментів аудіо сигналів активно використовуються перетворення Фур’є [2]. Перетворення Фур'є використовується в багатьох областях науки. В обробці сигналів і пов'язаних областях перетворення Фур'є зазвичай розглядається як декомпозиція сигналу на частоти і амплітуди, тобто оборотний перехід від тимчасового простору (time domain) в частотний простір (frequency domain). Багаті можливості застосування ґрунтуються на корисних властивостях перетворення. Перетворення Фур’є – це інтегральне перетворення однієї комплексної функції дійсної змінної на іншу. Ця нова функція описує коефіцієнти(«амплітуди») при розкладі початкової функції на елементарні складові – гармонічні коливання з різними частотами(гармоніки).

Після застосування перетворення Фур’є до аудіосигналу ми отримаємо тільки амплітуди гармонік, але не отримаємо прив'язки до часу. Тому, на практиці частіше використовується віконне перетворення Фур’є. Це різновид перетворення Фур’є, визначений через деяку віконну функцію. У випадку дискретного перетворення Фур’є (ДПФ) віконна функція використовується за формулою (1). А прямокутне вікно визначається за правилом (2).

$$F(t,\omega)=\sum_{n=-\infty}^{\infty} f(n)\omega(n-m)e^{-ix\omega}. \quad (1)$$

$$\omega(n)=\begin{cases}1, & n\in[0,N-1]\\ 0, & n\notin[0,N-1]\end{cases} \quad (2)$$

Алгоритм Рейдера [3] є швидким алгоритмом перетворення Фур'є (ШПФ), який обчислює ДПФ простих розмірів шляхом повторного вираження ДПФ як циклічного згортка. Алгоритм Рейдера може застосовуватися для обчислення перетворення Фур’є в

будь-якому полі Галуа, якщо довжина перетворення N є простим числом. Для реалізації алгоритму Рейдера вибирається примітивний елемент простого поля Галуа GF (N). Тоді кожний елемент цього поля – ціле число менше N, можна записати в вигляді ступеня елемента. В цьому випадку ДПФ можна переписати, замінивши індекси n та відповідними ступенями елемента. При значеннях n = 0 і k = 0 отримані компоненти ДПФ виводяться окремо [2], а саме за формулою (3).

$$X(0) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n), \quad X(k) = x(0) + \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W, \quad k = 1, 2, \ldots, N-1. \qquad (3)$$

Основною перевагою алгоритму Рейдера є простота його інформування, що характеризується мінімальним числом множників. Однак, незважаючи на хороші показники в області забезпечення високих швидкостей обробки сигналів, ШПФ характеризується і рядом недоліків: це значимі схемотехнічні витрати, пов'язані з необхідністю паралельної реалізації базової операції ШПФ; вхідні дані, а також проміжні і вихідні результати є комплексними числами (відповідно, обчислювальний пристрій має два обчислювальних тракту, для обробки дійсної та уявної частин); в процесі обчислення спектра від етапу до етапу модулі чисел збільшуються, тому їх треба масштабувати зі зміщенням вправо.

Алгоритм Кулі-Тьюкі є найбільш поширеним для ШПФ [2]. Алгоритм дозволяє обчислити той самий результат з невеликою похибкою за O(N log N) операцій, тому й отримав популярність в апаратній та програмній обробці сигналів. Для складних послідовностей ДПФ, алгоритм Кулі-Тьюкі набагато більш простий і більш практичний, для ДПФ довгих послідовностей алгоритм Рейдера стає громіздким при отриманні аналітичних виразів і з обчислювальної точки зору неефективним. Кулі-Тьюкі є оптимальним за певних припущень алгоритмом (його допущення передбачають, серед іншого, що ні одне додавання в корені одиниці не використовується). Цей аргумент припускає, що потрібно, як мінімум, (2 Nlog2 N) реальних додатків, хоча це і не є жорстким обмеженням, оскільки додаткові склади потрібні як частина множення комплексних чисел. Досі немає опублікованої інформації щодо існування алгоритму ШПФ, який добивався менше (N log2 N) комплекснозначного числа доповнень (або їх еквівалент) для всіх N, які є ступенем двійки.

На основі аналізу методів ШПФ для реалізації програмного забезпечення було обрано алгоритм Кулі-Тьюкі. На базі цього алгоритму було створено програмне застосування, яке дозволяє по заданому користувачем аудіопотоку отримати його ноти та зберігати їх у вигляді документа. Застосування розроблювалось на мові програмування C# із застосуванням Microsoft DirectX API.

Питання розпізнавання музичних записів стає дедалі актуальнішим і популярним як серед науковців, так і серед звичайних користувачів ПК. Задачами пов’язаними з розпізнаванням музичних сигналів займаються як закордоні, так і вітчизняні дослідники. Програмне забезпечення, що в автоматичному режимі записує нотний стан аудіопотоку, надає значну економію часу та забезпечує якість обробки аудіофайлів.

[1] Булавин, Д. А. Анализ методов распознавания и преобразования аудиоинформации в ноты / Д. А. Булавин, И. А. Харитонов // АСУ и приборы автоматики: всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – Х.: Изд-во ХНУРЭ, 2011. – Вып. 157. – С. 78–82.
[2] Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов // СПб: изд. Питер, 2002. — 608 с.: ил.
[3] Голд Б. Цифровая обработка сигналов / Б. Голд, Ч. Рейдер. – пер. с англ. под ред. А. М. Трахтмана // М., "Сов. радио", 1973, 368 с.

MUSICAL NOTE SEQUENCE`S DETECTION IN THE AUDIO STREAM

O. Pustivyi, A. Paramonov
Vasyl' Stus Donetsk National University
a.paramonov@donnu.edu.ua

The paper describes the known Fast Fourier Transform algorithms. A problem solution of audio stream automated processing has been proposed. In the audio stream are musical notes sequences detecting. Software Application based on Microsoft DirectX API developed. The Application basic method is the Cooley-Tukey algorithm.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ АНТЕН ДЛЯ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ЗВ'ЯЗКУ

О. Провозєн, В. Магро
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
provozen.ss@gmail.com

Нині існує попит на мобільні бездротові пристрої. Це зумовлює потребу в зменшенні розмірів випромінюючого пристрою. Розмір бездротового пристрою часто обмежений розмірами акумуляторної батареї. Тому існує потреба в побудові електрично малих, низько профільних випромінюючих пристроїв. У зв'язку з цим існує потреба в проектуванні малогабаритних, широкосмугових та високоефективних антенних пристроїв. Таким вимогам відповідає антена типу PIFA, тобто планарна F-подібна антена (рис. 1).

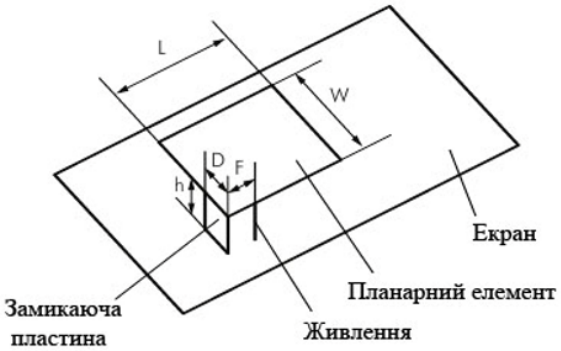


Рис. 1. PIFA антена

Малі розміри антени PIFA зумовлені тим, що її резонансна частота визначається, головним чином, напівпериметром горизонтальної випромінюючої пластини. Ширина смуги пропускання PIFA безпосередньо залежить від ширини D вертикальної закорочуючої пластини. Найбільша смуга робочих частот спостерігається коли збігається ширина вертикальної пластини D і довжина контактуючої пластини з боку горизонтального випромінювача W. При цьому для співвідношення довжин сторін горизонтальної пластини W / L = 2 і висоти її над екраном h = 0,053l досягається 10%-ва смуга робочих частот. При зменшенні співвідношення D / W до рівня 0,1 і менше, діапазон робочих частот звужується до 1%. [1]

Існують різні способи розширення робочої полоси частот. Одним із них є додавання U-вирізу до планарного елементу. Верхня резонансна частота, що відповідає U-вирізу, наближено розраховується за формулою:

$$F = \frac{c}{4\alpha\left(L_2 + W_2\right)} \tag{1}$$

Побудовано математичну модель антени за допомогою пакету HFSS. Антена розрахована на роботу в районі частот 1.8-2.4 ГГц. Досліджено вплив трьох геометричних розмірів антени: ширини L, висоти h та розміру D на характеристики випромінювання антени. Встановлено, що найбільш суттєво на зміну частотного діапазону антени впливає ширина антени L. На рис. 2 зображена залежність параметру S_{11} (коефіцієнту відбиття) від частоти для розмірів антени: L = 21 мм, W = 16 мм. З графіка на рис. 2 видно, що PIFA антена дозволяє отримати три робочі смуги частот.

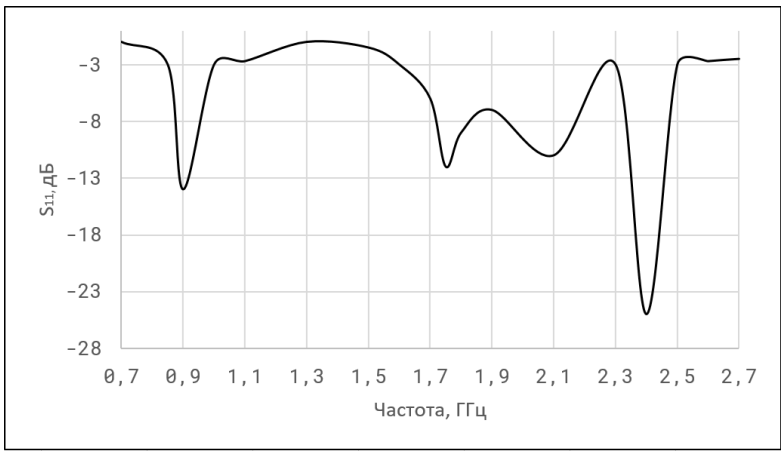


Рис. 2. Залежність коефіцієнта відбиття від частоти

Для даної антени розрахована діаграма спрямованості. Діаграма спрямованості не є симетричною, оскільки вертикальна заземлююча пластина знаходиться не по середині відносно верхньої випромінюючої пластини.

Показано, що даний тип антен може бути використаний в різноманітних бездротових пристроях.

[1] Скляр В. И. Антенны PIFA для мобильных средств связи [Текст]. / В.И. Скляр // Электроника. Наука, технология, бизнес – 2007. – №1. – С. 64-75.

MATHEMATICAL MODELING AND ANTENNA ANALYSIS FOR MOBILE COMMUNICATIONS DEVICES

O. Provozen, V. Magro
Oles Honchar Dnipro National University
provozen.ss@gmail.com

As a result of the study, a mathematical model was constructed in the HFSS system, which is configured to work in the 1.8-2.4 GHz frequency range. The influence of three antenna geometric sizes: width L, height h and size D on the characteristics of the antenna radiation are investigated. It is established that the antenna width is most influenced by the change in the frequency range of the antenna. It is shown that this type of antenna can be used by various wireless devices.

КРИПТОГРАФІЧНІ МЕТОДИ ЗАХИСТУ ДАНИХ У ВБУДОВАНИХ СИСТЕМАХ

Д. Скріпльов, Є. Бойко, Є. Сніжко, Д. Чернетченко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
kef.dnu@gmail.com

Останнім часом спостерігається стрімкий розвиток технологій Internet of Things (IoT). Деякі з автономних пристроїв працюють на потужних процесорах, тому використовують такі самі криптографічні алгоритми, що і настільні ПК. Однак більшість з них мають дешеві, малопотужні мікроконтролери із незначною обчислювальною потужністю, якої не вистачає для забезпечення безпеки за допомогою стандартних алгоритмів. Саме для таких пристроїв актуальними є методи легковагової криптографії.

У роботі проаналізовано застосування малоресурсних блочних і потокових шифрів та хеш-функцій, проведено порівняння програмних і апаратних реалізацій відомих шифрів, показана ефективність використання малоресурсної криптографії у вбудованих системах.

Аналіз алгоритмів проведено для мережі датчиків, призначеної для підключення значної кількості простих датчиків, які працюють від батареї та/або генерують власну енергію, до центрального концентратора. Криптографія в каналах зв'язку такої мережі має забезпечити безпеку, автентичність і цілісність повідомлень. У таких системах критично застосовувати алгоритми, які потребують, обмеженої обчислювальної потужності, незначної оперативної пам'яті та пам'яті для читання (ROM).

За цими характеристиками проаналізовано декілька програмно імплементованих блокових шифрів, обраних із загально відомих джерел [1], зокрема, AES, TWINE, KATAN, DESL, PRESENT. Їх продуктивність за даними критеріями визначена на основі макету на мікроконтролерів ATmega2560і Cortex-M3. Результати вимірювання, отримані безпосередньо із debug регістрів контролерів, порівняно з відомими аналогами, створеними на апаратному забезпечені [2], та з результатами роботи алгоритмів потокового шифрування.

У цілому, блочні шифри показали результати кращі за потокові, але гірші ніж їх апаратні реалізації. Piccolo, TWINE, XTEA і AES мають хорошу загальну продуктивність, але погані показники за розміром коду (довжина інформаційного блоку може сягати 128 біт) і кількістю тактів на обробку одного блоку (до 30 процесорних тактів на байт інформації). LED, PRESENT, KATAN показують найгірші результати, але їх апаратні варіанти мають результати, схожі із апаратними результатів інших алгоритмів. IDEA та PRINT виявились найвигіднішими за розміром коду (48 біт інформаційного коду), але показали середній рівень продуктивності, менший на 30% за продуктивність AES алгоритму. Разом з цим, не виявлено зв’язку між розвитком мікропроцесорної технології за останні 10 років та ефективністю програмних реалізацій алгоритмів малоресурсної криптографії.

[1] H. C. A. van Tilborg. Encyclopedia of Cryptography and Security (2005),
[2] M. J. S. Smith. Application-Specific Integrated Circuits. Addison-Wesley Professional (2008).

CRYPTOGRAPHIC METHODS OF DATA PROTECTION IN EMBEDDED SYSTEMS

D. Skriplov, E. Boiko, Ye. Snizhko, D. Chernetchenko
Oles Honchar Dnipro National University
kef.dnu@gmail.com

The algorithms lightweight cryptographic resistance of which decreases slightly in contrast to the resources required are considered. Applications of lightweight cryptographic are analyzed. The analysis of the application block ciphers is done. The comparison of software and hardware implementations of known ciphers is shown. The efficiency of using lightweight asymmetric cryptography systems is analyzed.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХВИЛЕВОДНОЇ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ

А. Авраменко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
avramavram1995@gmail.com

Хвилеводні антенні решітки як самостійний фізичний об’єкт відомі вже тривалий час. Проте, як складові в складних антенних системах вони використовуються досить давно [1]. Метою роботи є дослідження ефекту засліплення в решітці.

Нині відроджується інтерес до хвилеводних антенних решіток, які можуть застосовуватись, окрім традиційних галузей таких як: навігація, супроводження повітряних цілей, хвилеводні решітки можуть бути застосовані в якості засобів навігації в автомобілях та інших рухомих об’єктах. Тому має сенс розглянути побудову математичної моделі решітки та обчислення характеристик випромінення такої структури залежно від геометричних розмірів. Нині найбільш швидким і ефективним інструментом є застосування спеціалізованих пакетів, які дозволяють при невеликому об’ємі роботи отримати характеристики антенних структур.

За допомогою пакетів HFSS та MWO була побудована математична модель хвилеводної антенної решітки, що працює в діапазоні частот 8.5 – 10.5 ГГц.

В ході дослідження спостерігається коефіцієнт відбиття, який прагне до одиниці при куті 27.5 °. Цей ефект отримав назву ефекту засліплення, оскільки в околиці кута засліплення ефективність решітки різко падає, тому що вся енергія, яка надійшла на хвильовий порт не випромінюється в простір, а віддзеркалюється.

Протягом дослідження були зроблені такі висновки, що сучасні математичні пакети дозволяють побудувати коректний алгоритм розв’язку задач про випромінювання з відкритого кінця хвилеводних антенних решіток. При побудові алгоритму слід враховувати не менше 10 типів хвиль у каналі Флоке.

Встановлено, що при деяких кутах сканування антенної решітки, виникає ефект осліплення. Ефект осліплення полягає в значному збільшені коефіцієнту відбиття хвилевода, що значно зменшує випромінювання хвиль з відкритих кінців хвилевода у простір.

[1] Сазонов Д.М. Антены и устройства СВЧ / Д.М. Сазонов. – М., 1988. 430 с.

INVESTIGATION OF THE WAVEVIDIN ANTENNA SURFACE

A. Avramenko
Oles Honchar Dnipro National University
avramavram1995@gmail.com

The model of the waveguide antenna operating in the frequency range 8.5 - 10.5 GHz was studied.

It is established that at an angle of 27.5 degrees there is a glare effect.

СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ВИСОКОТОЧНОГО ПОЗИЦІЮВАННЯ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Д. Савченко[1], С. Петраш[1], О. Ігнатенко[1], С. Пославський[2], І. Гомілко[1]
[1] *Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
[2]*Інститут транспортних систем та технологій НАНУ*
sava777cool@gmail.com, sergey.poslavskiy@gmail.com

Одним з видів змагань з повітроплавання є політ повітряної кулі по заздалегідь проложеному маршруту та скидання в певних містах спеціальних маркерів. При чому маркері повинні скидатися так, щоб вони опинилися як можливо близько до центра спеціальної мішені.

В рамках конкурсу Best Device for FAI, який було організовано міжнародною федерацією повітроплавання, було проведено hackaton за умовами якого необхідно було розробити систему яка повинна фіксувати відстань від центру мішені до спеціального маркеру в режимі реального часу та з точністю похибки не більш 20 мм. Також ця система повинна розгортатися не більш ніж за годину, транслювати результати на відповідний сервіс та працювати не менше 10 годин.

Наша команда брала участь у цьому конкурсі та отримала грант на розробку пристрою.

Концепція розробленої системи полягає в використанні GPS позиціювання та обробки сигналів за допомогою відкритого програмного комплексу RTK Lib. В спеціальному маркері встановлено дві GPS антенни та Wi-Fi модуль на базі ESP 8266ex, який забезпечує зв’язок з сервером та передачу навігаційних даних GPS.

Для того щоб GPS RTK працювало необхідно обробляти сигнали з базової станції та маркера, який виступає в якості ровера. Сигнал від маркера поступає до сервера на якому встановлено програмне забезпечення на основі RTK Lib. Для безперервної передачі даних в маркер було вбудовано дві GPS антени. Активна антена обиралась за допомогою акселерометра на базі мікросхеми MPU 6050. Також в маркер вбудовано акумулятор та бездротовий зарядний пристрій Qi стандарту. У якості контролера було обрано мікросхему ESP 8266ex, яка не тільки обробляла GPS сигнали, а також забезпечувала бездротовий Wi-fi зв’язок з сервером. Слід зазначити, що при цьому габарити маркера скаладли 95x60x30 мм та масою в 100 грам.

Базова станція являє собою спрощеною версією маркера з однією GPS антеною та з більш потужною Wi-fi антеною та більш ємким акумулятором.

Всі отримані данні оброблялись на персональному комп'ютері для якого було розроблено спеціальне програмне забезпечення на базі RTK Lib. Це програмне забеспеченя дозволяє отримати оброблений результат в реальному часі. Керування програмою здійснюється за допомогою веб інтерфейсу.

Після всіх тестувань корпусу, електроніки та програмного забезпечення, була розроблення та виготовлене повноцінна система в яку входить: транспортний кейс, три маркера, базова станція, роутер, тринога та супутні аксесуари, які зображені на рис. 1.

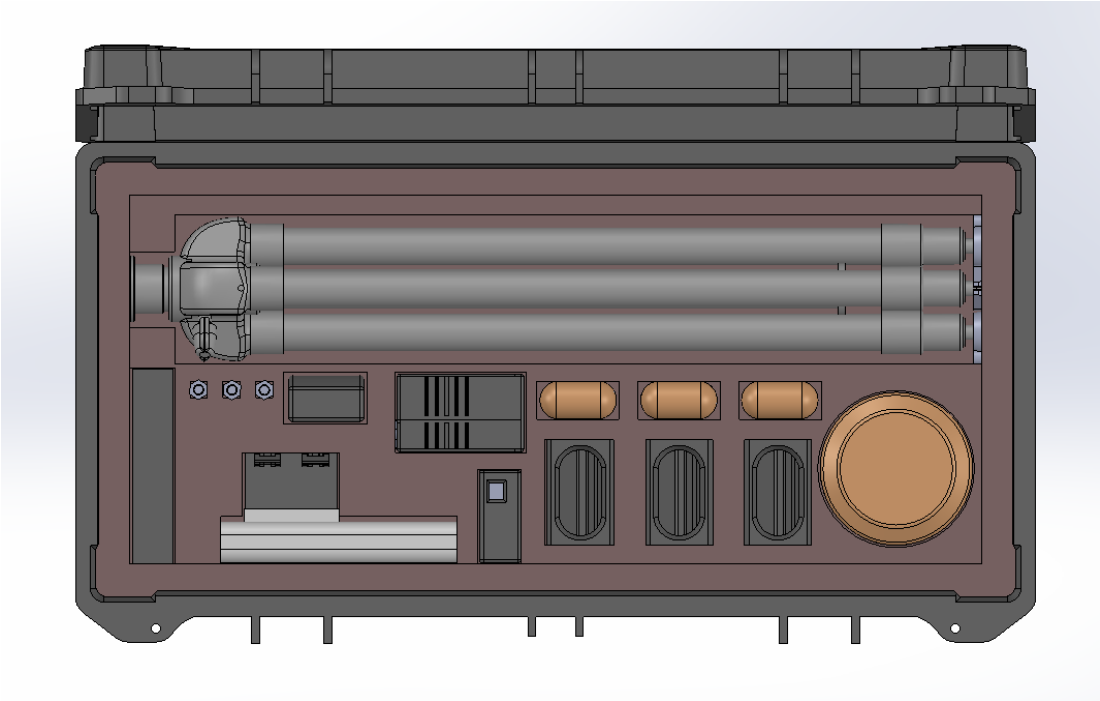


Рис. 1. Транспортний кейс з повною комплектацією

За результатом тестування розроблена система має наступні характеристики:

- Час розгортання системи 10 хвилин.
- Точність вимірювання до 15 мм.
- Час отримання результату від 30 до 60 секунд.
- Час роботи 15 годин.
- Ступінь захисту маркера IP 67.
- Ступінь захисту IP 65.

DEVELOPMENT OF A REAL TIME HIGH-QUALITY POSITIONING SYSTEM

D. Savchenko [1], S. Petrash [1], O. Ignatenko [1], S. Poslavskiy [2], I. Gomilko [1]
[1] *Oles Honchar Dnipro National University*
[2] *Institute of Transport Systems and Technologies of NAS of Ukraine*
sava777cool@gmail.com, sergey.poslavskiy@gmail.com

The real time high-quality positioning system are developed. This system use software based on freeware RTKlib.

The developed system has the following characteristics:

- Time to deploy the system less than 10 minutes.

- Measuring accuracy 15 mm.
- Time to get the result from 30 to 60 seconds.
- The work time 15 hours.
- Protection IP 67.

РОЗРОБКА МОДУЛЯ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

О. Велущак, С. Воропаєва
Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича
velushchak.oleksandr@gmail.com

Ідея «розумного будинку» в останні роки отримала широку популярність, і надає додатковий комфорт, який доступний практично кожному. Крім створення комфорту, застосування таких систем значно подовжує термін служби електроприладів, а також чимало сприяє енергозбереженню.

Управління освітленням в «розумному будинку» відкриває багато можливостей для створення різноманітних рішень. Наприклад, датчики руху, встановлені в будинку, дозволяють керувати роботою системи освітлення в коридорах, в підсобних приміщеннях, в ванній кімнаті та ін. Електроенергія витрачається лише у міру необхідності.

Одна з головних особливостей управління світлом в системі «розумного будинку» – створення світлових сценаріїв, коли натискання на одну кнопку включає оптимальне освітлення для тієї чи іншої ситуації. Наприклад, режим «Вечірка» може приглушити усе верхнє світло і включити настінні світильники, а «Прибирання», навпаки, створить максимальне освітлення в кімнаті.

Для реалізації освітлення інтерактивної LED-панелі в будинку використовується сенсорний модуль для arduino Diy кіт, WS2812B світлодіодна стрічка, Bluetooth модуль HC-05 і плата Mega 2560 R3 ATmega2560 R3 AVR для реалізації функціоналу. Всі компоненти зображені на Рис. 1. Ця панель, інтерактивної підсвітки, є економною і ефективною, з можливістю створення різноманітних світлових сценаріїв для будинку.

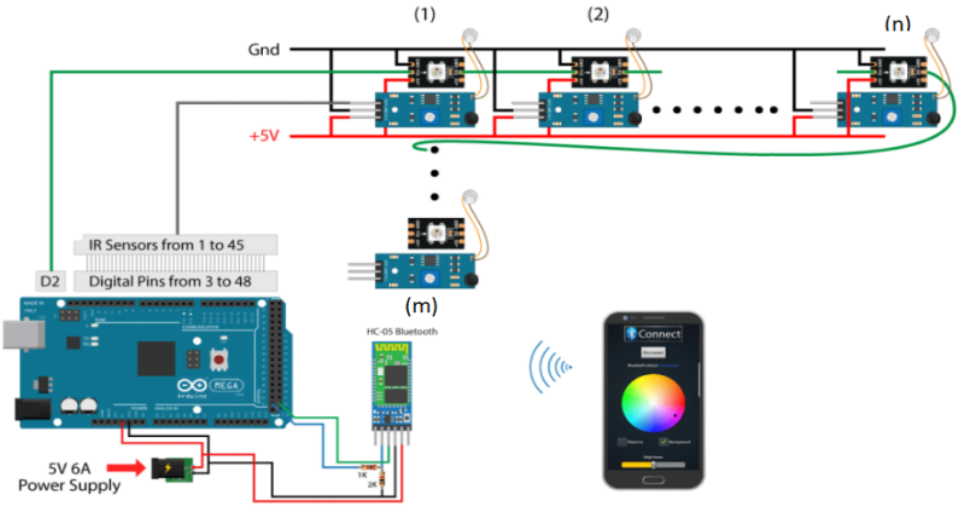


Рис. 1. Загальна схема інтерактивної LED-панелі

Пристроєм керування панелі для розумного будинку є зазвичай смартфон, з спеціально створеним мобільним додатком. Функціонал схеми запрограмований на платі arduino, а діалог з нею забезпечує мобільний додаток написаний на мові Java.

Яскравість світла в даній розробці може регулюватися по заздалегідь заданому алгоритму, або за допомогою налаштувань в додатку на телефоні.

Керування панеллю реалізується через модуль Bluetooth. Оскільки він володіє рядом переваг в порівнянні з іншими бездротовими технологіями, які він потенційно може замінити, серед них: Z-Wave і ZigBee. Ці технології ускладнюють систему управління, а модуль Bluetooth, навпаки.

В даній роботі було описано управління освітленням в системі «розумного будинку». Представлена схема для реалізації освітлення інтерактивної LED-панелі в будинку, з описом можливостей.

DEVELOPING A LIGHTING MODULE FOR A SMART HOME

O. Velushchak, S. Voropaieva
Yurii Fedkovych Chernivtsi National University
velushchak.oleksandr@gmail.com

In this work, was described lighting management in the "smart home" system. The scheme for realization of interactive LED - panel lighting in the house is presented, with the description of possibilities and implementation of the development.

In the process of development, a model and program for the implementation of developed ideas and algorithms was created.

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНОЇ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ ПРИ НАВЧАННІ СПЕЦІАЛІСТІВ В ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

І. Гомілко, Б. Савченко, Є. Ланевич
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
gomilko@ukr.net

В останній час розробники вбудованих систем все ширше застосовують сучасні надвеликі інтегральні мікросхеми, зокрема 32-розрядні мікроконтролери та програмовані логічні інтегральні схеми. Найважливішою причиною руху в цей бік є ускладнення вбудованих пристроїв під впливом вимог ринку. Так як вбудовані продукти стають все більш функціонально насиченими, 8- і 16-розрядні мікроконтролери не дозволяють забезпечити необхідну продуктивність. Навіть якщо 8- і 16-розрядні МК відповідають вимогам сьогоднішніх проектів, можливості подальшої модернізації таких пристроїв і повторного використання програмного коду в майбутніх розробках зменшуються.

Проте в навчанні спеціалістів в галузі електроніки, телекомунікації та комп'ютерних систем до цих пір переважно використовують 8-розрядні

мікроконтролери (найчастіше це мікроконтролери Atmel або PIC). Це пов'язано з досить великою вартістю 32-розрядних мікроконтролерів та програмованих логічних інтегральних схем.

Авторами запропоновано два блока лабораторних робіт які надають змогу ознайомитись студентам з можливостями сучасних надвеликих інтегральних схем. При цьому в цих лабораторних роботах використовуються лише безплатне програмне забезпечення та достатньо дешеві апаратні компоненти.

Перший блок лабораторних робіт присвячений програмуванню 32-розрядних мікроконтролерів. Навчання йде на мікроконтролерах STM32F103C8T6 фірми STMicroelectronics за допомогою плати розробника STM32F103C8T6 ARM STM32 (мінімальна конфігурація). Цей мікроконтролер не є найпотужнішим серед STM32, але і не самий слабкий та має наступні характеристики: ядро ARM 32-bit Cortex-M3; максимальна частота 72МГц; 64Кб Флеш пам'яті для програм; 20Кб SRAM пам'яті; живлення 2.0 … 3.3В; 2 х 12-біт АЦП (0 … 3.6В); DMA контролер; 37 входів / виходів толерантних до 5В; 4 16-розрядних таймери; 2 watchdog таймери; I2C – 2 шини; USART – 3 шини; SPI – 2 шини; CAN; USB 2.0 full-speed interface; RTC – вбудований годинник. Програмування йде на мові C++ в середовищі Atollic True Studio, яке в 2018 році стало безкоштовним для розробників STM32. Запропоновано наступні лабораторні роботи:

1. Вивчення програмного середовища Atollic True Studio.
2. Робота з паралельними портами введення/виведення.
3. Робота з системою тактування мікроконтролера, системний таймер (SysTick).
4. Робота з таймерами/лічильниками.
5. Робота з послідовним портом UART. Переривання.
6. Робота з послідовним портом UART. Прямий доступ к пам'яті (DMA).
7. Робота з цифро-аналоговим перетворювачем.
8. Робота з аналогово-цифровим перетворювачем.
9. Використання середовища CubeMX. Бібліотеки HAL.
10. Робота з послідовним портом USB.

Другий блок лабораторних робіт присвячений роботі з програмованими логічними інтегральними мікросхемами. Навчання йде на мікросхемах серії Cyclone IV EP4CE6E22C8N фірми Altera за допомогою плати розробника C4E6/E10-CORE. FPGA мікросхема має наступні характеристики: 6272 логічних елемента, 270 кбіт вбудованої пам'яті, 15 вбудованих множників 18 х 18, 2 вбудованих PLL, 10 глобальних годинників, 8 банків введення/виведення, 179 ніжок керування. Програмування йде в середовищі Quartus Prime (Lite Edition) при цьому студенти також мають можливість ознайомитись з мовою Verilog HDL. Запропоновані наступні лабораторні роботи:

1. Створення проекту, компіляція та симуляція в середовищі Quartus.
2. Створення найпростішого елемента схемотехніки ПЛІС в середовищі Quartus.
3. Створення складних багаторівневих проектів в середовищі Quartus.
4. Синтез та дослідження логічних схем.
5. Синтез та дослідження комбінаційних схем.
6. Синтез машин з кінцевим числом станів.
7. Синтез складних багаторівневих проектів.

Використання запропонованих блоків лабораторних робіт дозволить студентам отримати навички працювання з сучасною елементною базою та дозволить їм використовувати в своїх проектах.

USING THE MODERN ELEMENT BASE FOR EDUCATION OF SPECIALISTS IN THE FIELD OF ELECTRONICS AND COMPUTER SYSTEMS

I. Gomilko, B. Savchenko, E. Lanevich
Oles Honchar Dnipro National University
gomilko@ukr.net

The use of modern VLSI when training specialists are considered. Two laboratory workshops are presented.

The first one is the workshop with STM-32 microcontrollers. The STM32 family of 32-bit Flash microcontrollers based on the Arm Cortex-M processor is designed to offer new degrees of freedom to MCU users. It offers products combining very high performance, real-time capabilities, digital signal processing, and low-power and low-voltage operation, and connectivity, while maintaining full integration and ease of development.

The second one is the workshop with Intel Cyclone FPGA. The Cyclone FPGA series is built to meet your low-power, cost-sensitive design needs, enabling you to get to market faster. Each generation of Cyclone FPGAs solves your technical challenges of increased integration, increased performance, lower power, and faster time to market while meeting your cost-sensitive requirements.

ЕФЕКТИВНІСТЬ СОНЯЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТРЕТЬОГО ПОКОЛІННЯ НА ОСНОВІ ОКСИДУ МІДІ

О. Д'яченко [1], Д. Курбатов [1], А. Опанасюк [1], A. Čerškus [2]
[1]*Сумський державний університет, Суми, Україна*
[2]*State research institute Center for Physical Sciences and Technology, Вільнюс, Литва*
alexey.dyachenko@ukr.net

У наш час одним із найбільш перспективних напрямів розвитку альтернативних джерел енергії є перетворення енергії сонця в електричну за допомогою фотоелектричних перетворювачів (ФЕП). Сьогодні, переважна більшість сонячних елементів (СЕ) створюється на основі кремнієвих технологій. Однак, останнім часом значну увагу дослідників привертають СЕ, що повністю складаються з шарів оксидів металів, так звані оксидні ФЕП. Це обумовлено перспективами суттєвого зниження ціни виробленої енергії внаслідок застосування приладів на основі дешевих матеріалів і методів їх отримання та часовою стабільністю таких СЕ в атмосфері [1].

В роботі визначений ККД СЕ типу superstrate на основі гетеропереходу (ГП) *n*-$Zn_{1-x}Mg_xO$ / *p*-CuO (Cu_2O) із струмознімальними фронтальними контактами ITO або ZnO легованого алюмінієм (AZnO). Концентрація легуючої домішки Mg у твердому розчині $Zn_{1-x}Mg_xO$ змінювалася від 0 до 1.

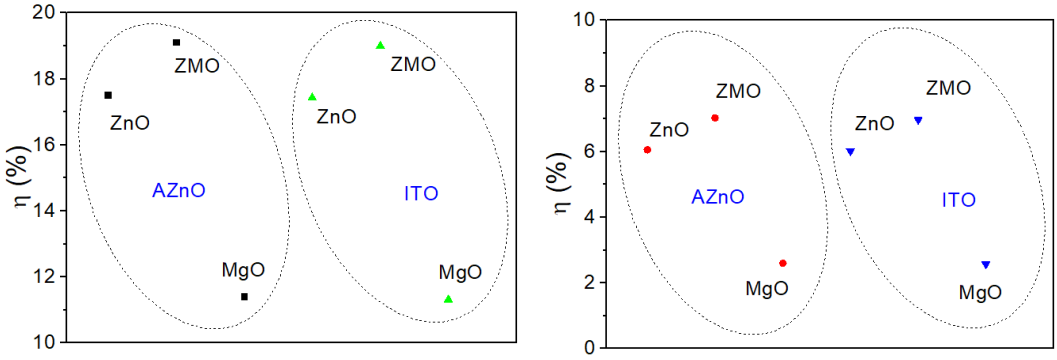
Для моделювання впливу оптичних втрат в допоміжних шарах ФЕП нами використані типові значення товщини віконного шару $Zn_{1-x}Mg_xO$ (ZnMgO), що змінювалися в інтервалі від $d = 25$ до 200 нм. Товщина струмознімального шару ITO (AZnO) складала $d = 100$ та 200 нм. Для побудови спектральних залежностей n та k були використані довідникові значення коефіцієнтів заломлення та ослаблення шарів [2].

В результаті моделювання було розраховано коефіцієнт оптичних втрат в приладі як з, так і без врахування поглинання світла в допоміжних шарах для кожної з розглянутих конструкцій ФЕП. Це дозволило визначити, коефіцієнт пропускання світла до поглинального шара, який, як з'ясувалося, змінюється в діапазоні від 87,46 % до 91,84%. Найбільший коефіцієнт проходження світла показала структура з шарами AZnO, ZnO, CuO, а найменший мав ФЕП з шарами ITO, MgO, Cu_2O. Визначено, що використання, як струмознімального контакту AZnO замість загальновживаного ITO приводить до зменшення коефіцієнту втрат світла в СЕ на рівні 0,58 % - 0,71 % в залежності від його конструкції. Варто зауважити, що врахування поглинання світла у допоміжних шарах ФЕП майже не впливає (0,06 % - 0,09 %) на результуючий коефіцієнт проходження світла. Це можна пояснити великими значеннями ширини забороненої зони (ЗЗ) використаних матеріалів, а також малою товщиною допоміжних шарів СЕ.

Визначення густини струму короткого замикання J_{sc} ФЕП було проведено з врахуванням опромінення досліджуваних структур сонячним випромінюванням в умовах AM 1,5. Встановлено, що при врахуванні втрат на відбиття та поглинання світла в допоміжних шарах ФЕП на основі ГП, значення густини струму короткого замикання дещо вищі для структур, що містять фронтальний струмознімальний контакт AZnO, ніж для аналогічних з шаром ITO. Виявлено, що зміна товщини віконного шару від 25 до 200 нм слабко впливає на значення струму короткого замикання. Отримані значення J_{sc} для структури шаром Cu_2O (13,11 - 13,85) мА/см^2 нижчі за аналогічні для структури з шаром CuO (21,54 - 22,85) мА/см^2. Слід відзначити, що врахування оптичних втрат

веде до зменшення J_{sc} для розглянутих структур на (8,2 - 16,6) % порівняно зі структурами без таких втрат.

На рис. 1 наведені значення ефективності (η) отримані для приладів з різною конструкцією.



(а) (б)

Рис. 1. ККД СЕ різної конструкції

Як видно з рис. 1, ФЕП із поглинальним шаром CuO показують досить високі значення ефективності (η = 11,31 - 19,12 %), при цьому найбільші значення ефективності має прилад з шарами AZnO та ZnMgO. Для такої структури було отримано значення ефективності що сягала η = 19,12 % при товщині струмознімального шару d_{AZnO}=100 нм. В свою чергу ФЕП із поглинальним шаром Cu_2O мають значно нижчі значення ККД (η = 2,57 - 7,03 %), оскільки мають велику ширину ЗЗ матеріалів (E_g = 2,0 - 2,6 еВ). Незважаючи на низькі значення ефективності ФЕП з поглинальним шаром Cu_2O можуть бути використані як накладки на віконне скло, екрани комп'ютерів, смартфонів, які майже не зменшують прозорість, оскільки ці шари є прозорими в видимій області спектру.

[1] Pavan M, Rühle S, Ginsburg A, Keller DA, Barad H-N, Sberna PM, et al. TiO2/Cu2O all-oxide heterojunction solar cells produced by spray pyrolysis. Sol Energy Mater Sol Cells Vol. 132. (2015). P. 549–556.
[2] Adachi S. Handbook of Physical Properties of Semiconductors. Boston: Kluwer Academic Publishers. (2004). 616 p.

THE EFFICIENCY OF THE THIRD GENERATION SOLAR CONVERTERS BASED ON COPPER OXIDES

O. Diachenko [1], D. Kurbatov [1], A. Opanasyuk [1], A. Čerškus [2]
[1]*Sumy State University, Sumy, Ukraine*
[2]*State research institute Center for Physical Sciences and Technology, Vilnius, Lithuania*
alexey.dyachenko@ukr.net

The optical and recombination losses in the auxiliary layers of the solar cell with layers of ITO and ZnO: Al are determined. The influence of these losses on the short-circuit current and the efficiency of such solar cells is investigated. It is determined that the efficiency of the solar cells based on the absorption layer of CuO has a value of η = 19,12 % while for Cu2O the efficiency is η = 7,03 %.

МЕТАСТАБИЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ В ПЛЕНКАХ НЕСМЕШИВАЕМЫХ СИСТЕМ ПОЛУЧЕННЫХ ТРЕХЭЛЕКТРОДНЫМ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ НАПЫЛЕНИЕМ

С. Рябцев, Т. Кошляк, В. Башев, А. Кушнерев, Н. Куцева, С. Антропов
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
siryabts@gmail.com

В последнее время значительно возрос интерес к материалам на основе компонентов с ограниченной взаимной растворимостью в жидком состоянии [1-3]. К настоящему времени в системах несмешиваемых компонентов, которые характеризуются аномально большой положительной энергией смешения, разными методами уже получено достаточно много однофазных сплавов: аморфных фаз и сильнопересыщенных твердых растворов.

Известно, что в системах с позитивной энергией смешения энергетические барьеры для формирования однородных структур достаточно высоки. Для их преодоления необходимо, чтобы кинетическая энергия атомов, которые попадают на подложку, превышала высоту этих барьеров. Поэтому, получение пленок проводили с помощью метода трехэлектродного модернизированного ионно-плазменного распыления (МИПР) наборных мишеней. Было показано, что кинетическая энергия осаждающихся атомов с использованием метода МИПР может изменяться от 100 до 200 эВ с уменьшением давления плазмообразующего газа от 53 до 16 мПа. Скорость релаксации энергии осаждаемых атомов при разных режимах распыления по теоретическим оценкам достигает 10^{12}–10^{14} К/с, что на 7–8 порядков превышает максимальные скорости охлаждения, которые реализуются в процессе закалки из жидкого состояния (ЗЖС). Это позволяет говорить о закалке из парообразного состояния (ЗПС).

Объектами исследования в настоящей работе были пленки: Ni–(21 - 88) ат.% Ag; Fe–(12-49) ат.% Ag, Fe–(5-18) ат.% Bi; Co-(24-28) ат.% Fe-(7-24) ат.% Ag; Fe-(11,5-21) ат.% Ag-(4-4,5) ат.% Bi. Равновесные диаграммы состояния изученных бинарных систем характеризуются чрезвычайно низкой взаимной растворимостью компонентов даже при эвтектических температурах и наличием широких температурно-концентрационных интервалов расслоения в жидком состоянии.

Так в свеженапыленных пленках Ni-Ag с содержанием до 21 ат.%Ag на рентгенограммах присутствовали преимущественно линии Ni. В пленках Ag- Ni и с содержанием и (42-100) ат.%Ag фиксировались линии Ag. Расчеты периодов ГЦК-решеток Ni и Ag показали, что в указанных концентрационных интервалах в пленках формируются пересыщенные твердые растворы, насыщенность которых растет с увеличением степени легирования. Дифракционные картины пленок Ni-(21-42) ат.%Ag содержали диффузное гало. Наличие такого гало свидетельствует о формировании аморфной фазы. Размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) для пленок такого состава составляют ~1,6 нм, что характерно для металлических сплавов с аморфной структурой.

В результате ЗПС методом МИПР систем Ni–Ag, Fe–Bi, Fe–Ag и Fe–Co–Ag, характеризующихся несмешиваемостью компонентов в жидком состоянии, образуются аморфные и нанокристаллические структуры. Максимальная степень однородности метастабильных структур корелирует с величиной энергии смешения компонентов. В частности, по мере убывания энергии смешения от 94 до 52 кДж/моль в ряду систем Fe–Bi, Ag–Fe, Ag–Co и Ag–Ni минимальный размер кристаллитов снижается от 9 до 3

нм. В сплавах Ag–Ni формируется аморфная фаза с размерами ОКР ~1,6 нм. Установленная корреляция свидетельствует о важной роли термодинамического фактора в процессе формирования неравновесных состояний в напыленных пленках и о необходимости повышения кинетической энергии атомов в методе ионно-плазменного распыления для получения более однородных структур. В пленках Bi и сплавов Fe–Bi, полученных методом ионно-плазменного распыления, формируется метастабильная ОЦК-модификация, аналогичная фазе, образующейся в чистом висмуте при давлении 7,75 ГПа. Показано, что электрические и гистерезисные магнитные свойства напыленных пленок меняются в широких пределах в зависимости от состава и структурного состояния. Установлены составы и условия получения пленок с низкими (~ 10^{-5} K^{-1}) значениями температурного коэффициента сопротивления и высокой (≥ 150 кА/м) коэрцитивной силой, перспективные для использования соответственно в качестве тонкопленочных прецизионных резисторов и носителей информации. Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о высокой эффективности модернизированного метода ионно-плазменного распыления для получения материалов с метастабильными структурами даже в сплавах, компоненты которых не смешиваются в жидком состоянии.

[1] Solute-defect interactions in a metastable Pb–Ni alloy formed by high-fluence ion implantation/ V. Touboltsev, J. Raisanen, M. Kolodyazhnaya et al. / J.Appl.Phys. - 2002. - V. 92, N 2. - P. 895-901.
[2] Long magnetic relaxation time of Fe-Bi spin-glass system/ Jen-Hwa Hsu, J.T. Lee, Ching-Ray Chang, M.T. Lin/ Journal of Magnetism and Magnetic Materials. - 2001. - V. 226-230. - P.502-504.
[3] Эмиссионные свойства тонкопленочных сплавов из несмешивающихся компонентов. / Ф.Ф. Доценко, В.Ф. Башев, С.И. Рябцев, А.С. Корчак / Физика металлов и металловедение. – 2010. – Т. 110, № 3. - С. 237-242.

FORMATION OF METASTABLE STATES IN THE SYSTEM OF Bi-Mn AT THE QUENCHING FROM LIQUID AND VAPOR STATE

T. Koshlyak, S. Ryabtsev, V. Bashev,
A. Kushnerov, N.A. Kutseva, S. Antropov
Oles Honchar Dnipro National University
siryabts@gmail.com

The method of modernized ion-plasma sputtering produced metastable states, including nanocrystalline and amorphous phases in films of Fe-Ag, Fe-Bi, Fe-Ag-Bi, Fe-Co-Ag and Ni-Ag alloys whose components do not mixed in the liquid state. The periods of the crystal lattices and the dimensions of the crystallites of the nonequilibrium phases in the fresh-sputtered state and after the heating are determined. The temperatures of the beginning and the end of the decomposition of metastable phases are established when heated at a constant rate. The electric and hysteretic magnetic properties of films in freshly dusted and thermally processed states are measured. The compositions and conditions for obtaining films with low values of the temperature coefficient of electrical resistivity (~ 10^{-5} K^{-1}) and high coercive force (H_C ~150 kA/m) are established. Such films can be promising for use as thin-film precision resistors and magnetic information carriers with an increased recording density.

STRUCTURAL STUDIES AND OPTICAL PARAMETERS OF $(Cu_{1-x}Ag_x)_7GeS_5I$ MIXED CRYSTALS

A. Bendak, V. Studenyak, O. Yamkovy, M. Luchynets, A. Pogodin, O. Kokhan, I. Studenyak
Uzhhorod National University
andrii.bendak@gmail.com

Cu_7GeS_5I and Ag_7GeS_5I crystals belong to the family of compounds with argyrodite structure [1, 2]. Due to the high ionic conductivity, they are the attractive materials for applications as the solid electrolytes for a new generation of power sources. The aim of this paper is to study the growth process, structural parameters and diffuse reflection of Cu_7GeS_5I–Ag_7GeS_5I solid solutions.

Synthesis of Cu_7GeS_5I–Ag_7GeS_5I was performed by the following procedure: the temperature of both zones increases to 673 K within 6 hours, hereupon the 24-hour exposure is performed, then temperature increases during the day to the maximum temperature values 1323 K for "hot" upper zone and 973 K for "cold" lower zone. The temperature in the melt zone is maintained on 50 K above the melting point to prevent substances partial thermal dissociation. After that the 24-hour exposure is maintained at which the full homogenization of melt takes place.

To obtain homogeneous solid solutions single crystals, the vertical zone crystallization method was used. After moving the ampoule with crystal into the annealing zone, the homogenizing annealing, required for thermal stresses relaxation in crystals, carries out for 3 days. Thus, the single crystals of Cu_7GeS_5I–Ag_7GeS_5I solid solutions with 30 - 40 mm length and a 10 - 15 cm diameter were obtained.

The structural studies of Cu_7GeS_5I–Ag_7GeS_5I solid solutions were carried out with powder method using diffraction patterns obtained on a DRON-3 diffractometer. It was determined that compounds and solid solutions based on them crystallize in a cubic crystal system. The compositional dependence of cubic lattice parameter at cation substitution was obtained. It is shown that the increase of Ag content leads to the increase of cubic lattice parameter in Cu_7GeS_5I–Ag_7GeS_5I solid solutions.

The diffuse reflection measurements were carried out on a LOMO MDR-3 spectrometer. The short-wavelength edge of the diffuse reflection spectra for the powders of Cu_7GeS_5I–Ag_7GeS_5I solid solutions is shown to shift towards longer wavelengths with substitution of Cu atoms by Ag. From the spectral position of the short-wavelength edge of the diffuse reflection spectra the energy gap value was estimated. It is revealed that the compositional dependence of the energy gap have shown the nonlinear behaviour with the downward-bowing. The bowing of the energy pseudogap plot can result from such factors: (i) energy band deformation due to the change of lattice parameters in solid solutions; (ii) change of electronegativity; (iii) structural changes due to the cation bond length variation [3].

[1] Kuhs W.F., Nitsche R., Scheunemann K. The argyrodites – a new family of tetrahedrally close-packed structures. Mater. Res. Bull. Vol. 14. (1979). P. 241-248.
[2] Nilges T., Pfitzner A. A structural differentiation of quaternary copper argyrodites: Structure – property relations of high temperature ion conductors. Z. Kristallogr. Vol.220. (2005). P. 281–294.
[2] Tinoco T., Quintero M., Rinkon C. Variation of the energy gap with composition in $A^{I}B^{III}C_2^{VI}$ chalcopyrite-structure alloys. Phys. Rev. B. Vol. 44. (1991). P. 1613-1615.

ЗАХИСТ ВІД СТРУМОВИХ ПЕРЕВАНТАЖЕНЬ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

О. Іванченко, О. Тонкошкур, С. Мазурик
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
IvanchenkoAV@ukr.net

Струмові перевантаження відносяться до відмов, які в найбільш істотній мірі призводять до деградації фотоелектричних систем сонячних батарей, а іноді й до позаштатних (пожежонебезпечних) ситуацій. У паралельних (блокових) з'єднаннях фотоелектричних модулів коротке замикання одного фотоелектричного модуля призводить до втрати всього генеруючого блоку і зменшенню генерованої сонячною батареєю потужності в цілому. Одним з відомих засобів протидії вказаному явищу є включення послідовно кожному фотоелектричному модулю блокуючих діодів. Однак при цьому потрібні досить потужні діоди, які з одного боку коштовні, а з іншого боку в режимах роботи, що реалізуються при короткому замиканні модуля, мають тенденцію до перегрівів і швидкої деградації [1].

Одним з перспективних напрямків рішення розглянутої задачі є застосування для ізоляції неактивних (затінених або несправних) як окремих фотоелектричних перетворювачів, так і їхніх модулів, менш дорогих елементів функціональної електроніки, зокрема, самовідновлюваних запобіжників (СВЗ) типу “Polyswith” [2], що отримали широке розповсюдження. Ці елементи електричного і теплового захисту знайшли вже застосування в акумуляторах і гальванічних джерелах живлення [3].

У даній роботі приведені результати дослідження трансформації світлових вольт-амперних і вольт-ватних характеристик для паралельних з'єднань фотоелектричних модулів з використанням СВЗ типу «Polyswitch» з метою запобігання та мінімізації струмових перевантажень.

Для експериментального вивчення можливостей запобіжників розглянутого типу для захисту від струмових перевантажень і коротких замикань в фотоелектричних системах сонячних батарей досліджувалася модельна структура, що представляє собою паралельне з'єднання декількох послідовно включених фотоелектричних модулів и СВЗ. Навантаженням такого джерела живлення служив магазин опорів.

Програма досліджень була наступною. Вимірялися залежності струму I_L описаної фотоелектричної системи від величини опору навантажувального резистора R_L, які відповідають її режимам:

– без підключення СВЗ (режим I);

– містить запобіжники включені послідовно з кожним фотоелектричним модулем (режим II);

– без запобіжників з одним короткозамкненим модулем (режим II);

– містить запобіжники включені послідовно з кожним модулем, один із яких короткозамкнений (режим IV).

Фіксація точок залежності $I_L(R_L)$, що відповідають указаним режимам, була практично одночасною, що досягалося використанням відповідних перемикачів.

Отримані дані вимірів дозволили зробити такі висновки.

Залежності $I_L(R_L)$, вольт-амперні та вольт-ватні характеристики, які були виміряні у режимах I і II практично збігаються, тобто можна вважати, що включення обраних СВЗ послідовно з кожним фотоелектричним модулем не впливає на електричні властивості розглянутої системи.

При короткому замиканні одного з модулів без послідовно підключених СВЗ (режим III) загальний навантажувальний опір фотоелектричної системи, що аналізується, являє собою паралельне з'єднання опору закороченого модуля та опір навантаження R_L. У діапазоні малих опорів R_L, що порівняно з опором короткозамкненого фотоелектричного модуля, має місце розділення сумарного струму системи на складові струму навантаження та струму запобіжника. При перевищенні опору R_L величини опору закороченного модуля передача електричної енергії в коло навантаження практично відсутня (фотоелектрична система непрацездатна).

У випадку послідовно підключених СВЗ (режим IV) відбувається спрацьовування запобіжника та спостерігається тільки деяке зменшення струму навантаження I_L, викликане відключенням короткозамкненого фотоелектричного модуля. У цілому систему можна вважати працездатної, оскільки вона здатна віддати електричну енергію навантаженню, хоч і меншу.

Таким чином експериментально встановлено можливість застосування обраних СВЗ для захисту паралельних з'єднань фотоелектричних модулів від струмових перевантажень.

[1] Honsberg C., Bowden S. Welcome to the Photovoltaic Education Network [Electronic resource]. Mode access: https://www.pveducation.org/
[2] Тонкошкур А.С., Иванченко А.В., Накашидзе Л.В., Мазурик С.В. Применение самовосстанавливающихся элементов для электрической защиты солнечных батарей. Технология и конструирование в электронной аппаратуре. № 1. (2018). С. 43-49.
[3] Гавриков В. Самовосстанавливающиеся PTC-предохранители для защиты от токовых перегрузок. Новости электроники. № 12. (2014). С. 11-15.

PROTECTION FROM CURRENT OVERLOAD OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS OF SOLAR BATTERIES

A. Ivanchenko, A. Tonkoshkur, S. Mazurik
Oles Honchar Dnipro National University
IvanchenkoAV@ukr.net

In this work, the results of the investigation of the transformation of the light current-voltage and volt-watt characteristics for parallel connections of photovoltaic modules using "Polyswitch" resettable fuses on purpose to prevent and minimize current overloads are given.

The dependencies of the current-voltage and volt-watt characteristics that have been measured with switched on the resettable fuses in the solar batteries circuit and without switching on the resettable fuses are practically coincide. It can be considered that the inclusion of selected resettable fuses in series with each photovoltaic module practically does not influence on the electrical properties of the considered system.

The fuse is triggered by short-circuiting one of the modules. Only a slight decrease of the load current is observed at the same time, caused by the shutdown of the short-circuit photovoltaic module. In general, the system can be considered workable, because it is able to give electrical energy to the load, albeit less.

The applicability of selected resettable fuses for the protection of the parallel connections of photovoltaic modules from current overloads has been experimentally established.

СТРУКТУРНІ ЗМІНИ ПРИПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ КРЕМНІЮ ПРИ ОПРОМІНЕННІ ДЕЙТРОНАМИ

Г. Гайдар, М. Старчик, М. Пінковська
Інститут ядерних досліджень НАН України
gaydar@kinr.kiev.ua

Актуальність дослідження впливу опромінення іонами легких ядер на напівпровідники зумовлюється широким застосування методів іонно-променевої модифікації матеріалів у мікро- і наноелектроніці. Такі методи використовуються для створення тонких шарів в об'ємі матриці з наперед заданими параметрами, необхідними для роботи напівпровідникових приладів [1, 2].

Мета роботи полягала у встановленні особливостей формування структури поверхневих і приповерхневих шарів кремнію під впливом опромінення великими флюенсами високоенергетичних легких іонів дейтерію (дейтронами).

Досліджено монокристали *n*-Si, вирощені методом Чохральського, з питомим опором $\rho = 3 \div 4$ кОм·см і густиною дислокацій $\sim 10^3$ см$^{-2}$. Опромінення проводили дейтронами з енергією 13,6 МеВ флюенсом $\Phi = 10^{17}$ см$^{-2}$. Зразки під час опромінення охолоджували протічною водою. Температура зразків при цьому не перевищувала 100 ^{o}C. Проекційна довжина пробігу іонів дейтерію таких енергій у кристалі кремнію складала 780 мкм. Для вивчення топографічного зображення мікродефектної структури кремнію зразок розрізали вздовж напряму опромінення на пластинки, проводили механічну (шліфовка) та хімічну (поліровка) обробки поверхні.

Структурні властивості опромінених зразків досліджували з використанням комплексу методик: рентгенівська топографія, вибіркове травлення, металографія, растрова електронна мікроскопія, еліпсометрія, профілометрія, атомно-силова мікроскопія. Порівнювали утворення дефектів у пробіжній, гальмівній та запробіжній частинах опромінених зразків.

Встановлено, що найбільші порушення структури спостерігалися в області гальмування іонів, де концентрація дефектів максимальна (смуга *s* на рис. 1, *а*). Лінія гальмування дейтронів розширювалась і ускладнювалась ближче до центру опроміненої області. Над нею з боку неопроміненого об’єму з’являлися дефекти пакування (рис. 1, *б*), які практично під прямим кутом перетинали гальмівну лінію поблизу центру зразка (рис. 1, *в*). Такий процес, імовірно, пов’язаний із наявністю дислокацій у вихідному кремнії, їх рухом і взаємодією з радіаційними дефектами в умовах їх великої концентрації і підвищеної температури під час опромінення.

Ширина витравленої лінії гальмування (*s*) змінювалася в напрямку від краю до центру області опромінення від ~ 30 мкм до ~ 130 мкм у центрі зразка і далі знову спадала до ~ 20 мкм. Мінімальне значення цієї величини одержували на краю області опромінення, де температура зразка була нижчою внаслідок охолодження. За даними профілометрії глибина витравленої смуги *s* складала $\sim 650 \div 550$ мкм на краю опроміненої області. Поблизу центру опроміненої області виявлено появу другої (s_2) витравленої смуги завширшки ~ 100 мкм на відстані ~ 130 мкм від першої смуги і ближче до поверхні (рис. 1, *в*). Глибина цієї смуги становила до ~ 150 мкм.

При опроміненні дейтронами дислокаційного Si ефект далекодії не спостерігався, тобто у запробіжній для іонів області кристала витравлені лінії напруження не виявлялися.

Проведені комплексні дослідження показали, що опромінення високоенергетичними дейтронами дозволяє формувати в об'ємі Si на глибинах до

780 мкм тонкі шари (30 ÷ 200 мкм), які мають властивості, відмінні від властивостей вихідної матриці. Виявлена можливість пошарово змінювати властивості кремнію є важливою для забезпечення актуальних потреб мікро- і наноелектроніки.

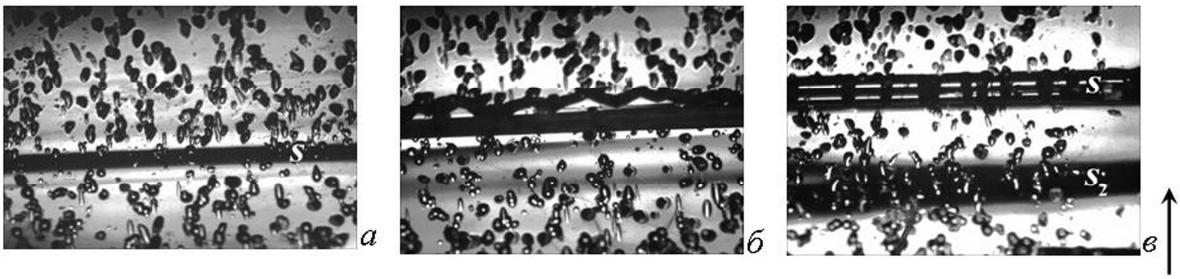


Рис. 1. Мікрофотографії (× 150) видозміни лінії гальмування (*s*) дейтронів з енергією 13,6 МеВ у кремнії від краю до центру (*а–в*) області опромінення після вибіркового травлення. Флюенс опромінення Ф = 10^{17} см$^{-2}$, струм пучка *I* = 1 мкА. Стрілкою позначено напрям опромінення.

[1] Вавилов В.С., Челядинский А.Р. Ионная имплантация примесей в монокристаллы кремния: эффективность метода и радиационные нарушения. УФН. Т. 165, № 3. (1995). С. 347–358.
[2] Комаров Ф.Ф., Погребняк А.Д. Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов. Москва: Московский гос. университет. (2005). 639 с.

STRUCTURAL CHANGES OF THE NEAR-SURFACE LAYERS OF SILICON UNDER IRRADIATION BY DEUTERONS

G. Gaidar, M. Starchyk, M. Pinkovska
Institute for Nuclear Research of NAS of Ukraine
gaydar@kinr.kiev.ua

Single crystals of *n*-Si grown by the Czochralski method with a resistivity $\rho = 3 \div 4$ kOhm·cm and a dislocation density of ~ 10^3 cm^{-2} were studied. Structural properties of silicon irradiated by ions of 13.6 MeV deuterium with fluence $\Phi = 10^{17}$ cm^{-2} were investigated using the complex of methods: X-ray topography, selective etching, metallography, scanning electron microscopy, ellipsometry, prophilometry, atomic-force microscopy. The irradiated crystals were cut along the direction of irradiation, allowing study the properties of silicon in the region of the path of the ions, braking and behind it. The projection length of the path of the deuterons of a given energy is about 780 μm in silicon.

The main structural defects are observed in the braking region, where concentration of radiation defects is the largest. The widths of etched lines along ion stopping change in the direction from the sample edge (where temperature was lower due to the sample cooling during irradiation) to the center of irradiation. The structure of the braking region for the deuterium ion irradiation was complicated, and two etched lines were observed: first line *s* is in the stopping region and the additional second line s_2 is closer to the surface of irradiated sample. It was established that irradiation by deuterons makes it possible forming in the depth of silicon ≤ 780 μm the thin layers (30 ÷ 200 μm) with properties various from the initial matrix. The detected ability to layer-by-layer change the properties of silicon, is important for ensuring the actual needs of micro- and nanoelectronics.

ВПЛИВ ФРАКТАЛЬНИХ МЕЖ ЗАТВОРУ НА ПРОВІДНІСТЬ ПОЛЬОВОГО ТРАНЗИСТОРА

В. Онуфрієнко, Л. Онуфрієнко
Запорізький національний технічний університет, машинобудівний інститут
onufr@zntu.edu.ua

Для технологічного підвищення ефективності нанотранзисторів на основі двовимірного дисульфіду молібдену з ізольованим затвором дослідники використовують шар змішаного оксиду цирконію і гафнію, що має від‘ємну ємність [1]. Від‘ємну ємність затвору одержано як результат зміщення атомних шарів. Це допомогло подолати фундаментальне обмеження на нахил вольт-амперної характеристики транзистора.

Розглянемо далі вплив фрактально конфігурованого зміщення атомних шарів транзистора $n-$типу при замкнутих між собою затворах на провідність каналу та визначимо деякі умови керування характеристиками за умови нульової напруги стік-витік.

Теорія фрактального шару [2] на межі розділу двох середовищ базується на визначенні дробового диференціала $d^{\alpha}x_i$, його зв‘язку з дробовою похідною $d^{\alpha}L(x)={}_aD^{\alpha}_{x_i}L(x)d^{\alpha}_{x_i}$, де дробова похідна ${}_aD^{\alpha}_{x_i}L(x)$ використана у формі Рімана-Ліувілля.

У схемі $n-$канального польового транзистора з керованим $p-n$ переходом (витік S, затвори G_1 і G_2, стік D) спрямуємо вісь OY вздовж, а вісь OX перпендикулярно $n-$каналу між фрактально конфігурованими затворами та вважаємо, що струм каналу тече в області $x_{n1}<x<x_{n2}$. Для випадку нульової напруги між стоком і витоком $u_{DS}=0$ різниця потенціалів між затвором і каналом не залежить від координати y і дорівнює прикладеній напрузі u_{GS}, за методом моментів (порів. з [3]):

$$U(y)=U^{(\alpha)}{}_{GS}=-\frac{q}{\varepsilon_s}\int_{x_p}^{x_n}xN(x)d^{\alpha}x, \tag{1}$$

де $q-$заряд електрона; ε_s - діелектрична проникність напівпровідника; $N(x)=N_D-N_A$ концентрація некомпенсованих донорів; $U(y)-$повний потенціал між затвором і каналом, причому у розглядуваному випадку $U^{(\alpha)}{}_{GS}=u_{GS}+\psi$, де $\psi-$контактна різниця потенціалів на $p-n$ переході, $d^{\alpha}x$ - диферінтеграл.

Для переходу канал-затвор з (1) одержуємо

$$U^{(\alpha)}_{GS}=\frac{-qN_n}{\alpha(\alpha+1)\Gamma(\alpha)\varepsilon_s}\left(x^{\alpha+1}_{n1}-\frac{N_p}{N_n}x^{\alpha+1}_{p1}\right). \tag{2}$$

З умови електричної нейтральності $\int_{x_p}^{x_n}Nd^{\alpha}x=0$ маємо $\frac{N(x^{\alpha}_n-x^{\alpha}_p)}{\alpha\Gamma(\alpha)}=0,$ звідки

$$x^{\alpha}_{p1}=x^{\alpha}_{n1}\frac{N_n}{N_p}. \tag{3}$$

Після підстановки (3) в (2) одержуємо потенціал перекриття (випадок змикання області просторового заряду двох затворів)

$$U^{(\alpha)}{}_0 = -\frac{qa^{\alpha+1}N_n}{\alpha(\alpha+1)\Gamma(\alpha)\varepsilon_s}\left(1-\left(\frac{N_n}{N_p}\right)^{\frac{1}{\alpha}}\right). \quad (4)$$

З відношення виразу (2) до (4) знаходимо

$$x_{n1} = a\left(\frac{U_{GS}}{U_0}\right)^{\frac{1}{\alpha+1}}. \quad (5)$$

Провідність каналу з шириною $2a$ та питомою провідністю не збідненої частини $n-$ області з урахуванням (4) і (5) обчислюємо за формулою

$$g_{DS} = \frac{\partial I_D}{\partial u_{DS}}\Big|_{u_{DS=0}} = \frac{2\sigma az}{L}\left(1-\left(\frac{u_{GS}+\psi}{U_0}\right)^{\frac{1}{\alpha+1}}\right), \quad \frac{g_{DS}L}{2\sigma az} = 1-\left(\frac{u_{GS}+\psi}{U_0}\right)^{\frac{1}{\alpha+1}}. \quad (6)$$

Нормована провідність (6) каналу з фрактально провідним шаром демонструє теоретичну можливість керування зміною її величині в широких межах та за знаком, реалізуючи таким чином від‘ємні характеристики нанотранзистора та резистора, що допускає управління напругою. Зміною величини скейлінгу α фрактального шару (для $\alpha = 1$ маємо класичні результати [3]) можна досягти ефектів, що проявляються при змінній товщині каналу провідності нанотранзистора.

Визначено перспективи подальшого застосування розробленого математичного методу для аналізу й синтезу штучних метаматеріальних фрактальних радіоелементів з необхідними електричними характеристиками для підвищення швидкодії та зменшення витрати енергії базовими компонентами усіх сучасних електронних чипів.

[1] Mengwei Si et al. Step-slope hysteresis-free negative capacitance MoS_2 transistors. Nature Nanotechnology. 13. (2018). P. 24-28.
[2] Онуфрієнко В.М. Потенціали фрактальних зарядів і струмів у штучному середовищі. Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. (2004). №1(1).С. 18–21.
[3] Кобболд Р. Теория и применение полевых транзисторов. Пер. с англ. (1975). 304 с.

THE FRACTAL GATE BOUNDARY INFLUENCE ON FIELD-EFFECT TRANSISTOR CONDUCTIVITY

V. Onufrienko, L.Onufriyenko
Dep. of Machine-building, Zaporizhzhia National Technical University
onufr@zntu.edu.ua

The influence of fractal configuration displacements of atomic layers in field-effect transistor with closing gates on the channel conductivity is investigated. Some conditions for controlling of the transistor characteristics under given condition of zero voltage of the drain-source are determined. The potential and normalized conductivity of a channel with a fractal conducting layer is calculated. The theoretical possibility of controlling the variation of its value in wide limits and by the sign is determined, thus implementing negative characteristics of the nanotransistor and resistor, which allows voltage control. It is noted that by varying the scaling value of the fractal layer it is possible to achieve the effects that manifest themselves at variable thickness of the nanotransistor channel conductivity.

МОДЕЛЮВАННЯ ОБМЕЖЕННЯ СТРУМУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗАПОБІЖНИКІВ «POLYSWITCH» В ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМАХ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

О. Тонкошкур, Л. Накашидзе
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
tonkoshkuras@ukr.net

Одним з найбільш небажаних джерел ненадійності фотоелектричних компонентів сонячних батарей є струмові перевантаження та виникнення перегрівів, включаючи короткі замикання безпосередньо в них, а також між їх з'єднуючими контактами. Фізичними причинами таких ситуацій можуть бути пошкодження корозією в процесі експлуатації складових елементів, «приховані» виробничі дефекти, несправні блокуючі і обвідні діоди або результати деградації ізоляції під дією навколишнього середовища [1].

Перспективним напрямком вирішення розглянутої задачі представляється застосування для виключення неактивних (затемнених або дефектних) областей як окремих фотоелектричних перетворювачів, так і фотоелектричних модулів, елементів функціональної електроніки, зокрема, самовідновлювальних запобіжників типу «Polyswith» [2]. Необхідним етапом цього є розробка та моделювання функціонування схем, в яких використовують вказані самовідновлювальні запобіжники у фотоелектричних компонентах.

У даній роботі запропоновані модель та аналіз можливостей використання самовідновлювальних запобіжників типу «Polyswitch» для запобігання та мінімізації поточних перевантажень у паралельних з'єднаннях фотоелектричних перетворювачів та їх модулів.

Досліджене схемне рішення для обмеження струму в фотоелектричних системах сонячних батарей з використанням запобіжників «Polyswitch», шляхом включення їх послідовно з фотогенеруючими компонентами.

Розвинута математична модель базується на еквівалентних схемах, що описують фотоелектричні перетворювачі та фотоелектричні модулі [3].

Для апроксимації залежності електричного опору самовідновлювального запобіжника R від величини його струму I використовувалася функція

$$R = \begin{cases} R_0, & \text{åñëè } I \le I_0; \\ R_0 \cdot \left(\dfrac{I}{I_0}\right)^{\alpha}, & \text{åñëè } I > I_0, \end{cases}$$

де $R_0=R_{min}$; $I_0=I_{trip}$; I_{trip} и R_{min} - струм спрацьовування і найбільший мінімальний початковий опір СВЗ у провідному стані; α - постійна ~ 10-20.

Проаналізовано вплив величини опору в провідному стані R_0 і струму спрацьовування запобіжника I_0 на вольт-амперні та вольт-ватні характеристики паралельного з'єднання фотоелектричних компонентів.

Вплив опору самовідновлювального запобіжника в провідному стані R_0 на вольт-амперну характеристику такого з'єднання має місце в діапазоні дуже малої

напруги. Цей опір обмежує її початкову ділянку, де опір навантаження R_L менше R_0 і практично відсутній відбір струму від навантаження до запобіжника.

При більш високих значеннях R_L струм через запобіжник збільшується, що приводить до його спрацьовування, після чого отримується типова для фотоелектричних систем вольт-амперна характеристика зі значенням струму короткого замикання, зменшеним на величину, яка представляє собою суму струмів відключеного (короткозамкненого) послідовного з'єднання фотогенеруючого компонента та струму запобіжника у низькопровідному стані. Наявність запобіжника призводить до певного зниження виробленої фотоелектричною системою електричної потужності, а не повного її виходу із ладу.

Сформульовані умови використання самовідновлювальних запобіжників типу «Polyswitch» для запобігання та мінімізації струмових перевантажень у паралельних з'єднаннях фотоелектричних перетворювачів та їх модулів.

Показано, що ефективне обмеження струму при наявності короткого замикання при такому з'єднанні фотоелектричних компонент може бути реалізовано, якщо виконуються наступні вимоги:

- опір запобіжника в провідному стані значно менше опору паралельного з'єднання фотоелектричних компонент;
- струм спрацьовування запобіжника більший за струм короткого замикання окремого фотоелектричного компонента і менший за струм їх паралельного з'єднання.

[1] Köntges M., Kurtz S., Packard C., Jahn U., Berger K. A., Kato K, Friesen T., Liu H., Iseghem M. V. Review of failures of photovoltaic modules. Report IEA-PVPS T13-01:2014. – 132 p.

[2] Тонкошкур А.С., Иванченко А.В., Накашидзе Л.В., Мазурик С.В. Применение самовосстанавливающихся элементов для электрической защиты солнечных батарей. Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2018.— № 1 (2018). С. 43-49.

[3] Левшов А.В., Фёдоров А.Ю. О математическом моделировании фотоэлектрических модулей. Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика». №1 (2013). С. 153-158.

MODELING OF CURRENT LIMITATION WITH THE USE OF «POLYSWITCH» FUSES IN THE PHOTOVOLTAIC SYSTEMS OF SOLAR BATTERIES

A. Tonkoshkur, L. Nakashydze
Oles Honchar Dnipro National University
tonkoshkuras@ukr.net

The model and analysis of the possibilities of use of fuses of the type «Polyswitch» for the prevention and minimization of current overloads in parallel connections of PV cells and their modules are proposed.

A schematic solution has been investigated based on the inclusion of these fuses in series with photo-generating components.

Formulated conditions for the use of fuses type «Polyswitch».

ТОВСТІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНІ ПЛІВКИ $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ДЛЯ ДЕТЕКТОРІВ ЖОРСТКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Я. Знаменщиков, В. Косяк, А. Опанасюк
Сумський державний університет
yaroslav.znamenshchykov@gmail.com

Твердий розчин $Cd_{1-x}Zn_xTe$ (CZT) є перспективним матеріалом для створення сенсорних пристроїв, що працюють при кімнатній температурі, а саме детекторів рентгенівського, гамма [1] випромінювання. Для виготовлення панельних радіаційних детекторів з великою площею у наш час використовуються товсті полікристалічні плівки CZT.

Товсті полікристалі плівки $Cd_{1-x}Zn_xTe$ з товщиною близько 70 мкм з різним вмістом цинку були отримані методом вакуумного термічного випаровування в квазізамкненому об'ємі на скляних підкладках вкритих підшаром ITO. В результаті дослідження структурних властивостей та фазового складу було встановлено, що плівки мають високу кристалічну якість, є однофазними та мають рівномірний розподіл компонентів в об'ємі плівки.

Дослідження електричних та детекторних властивостей плівок CZT проводилося в сандвіч-структурах ITO/CZT/Au. Оскільки рентгенівські промені та світло мають схожий механізм дії на твердий розчин, тому з метою оцінки придатності плівок CZT для використання в якості детекторів жорсткого випромінювання було проведено дослідження їх фоточутливості. Як показав експеримент, значення сили струму детектора при дії збуджуючого випромінювання білого світлодіода було на порядок вищим, ніж при темнових умовах вимірювання, а отже плівки CZT є фоточутливими.

Вимірювання чутливості плівок CZT до радіації проводилося при дії випромінювання з енергією 59,32 кеВ, час експозиції складав 5 сек. В результаті було отримано часові залежності значення сили струму детектора. Встановлено, що плівки CZT є чутливими до дії рентгенівського випромінювання, про що свідчить наявність піку на часових діаграмах при експозиції рентгенівського випромінювання.

[1] A. Owens, Compound Semiconductor Radiation Detectors, CRC Press, Boca Raton, 2012.

THICK POLYCRYSTALLINE $Cd_{1-x}Zn_xTe$ FILMS FOR HARD RADIATION DETECTORS

Y. Znamenshchykov, V. Kosyak, A. Opanasyuk
Sumy State University
yaroslav.znamenshchykov@gmail.com

The $Cd_{1-x}Zn_xTe$ (CZT) thick films with different Zn concentration were deposited on ITO-coated glass substrates by close-spaced vacuum sublimation method. The thickness of the films was about 70 μm. In order to evaluate the usefulness of the films as a base layer in X-ray detector, the study of their electrical properties and photoresponse was carried out.

Thus, it was found that the obtained detector structures are sensitive to the high intensive white light, as well as to hard radiation. This could be considered as a good prerequisite for such structures application in the X-ray detectors.

ВПЛИВ ТЕРМООБРОБКИ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЕМНІЄВИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

О. Іванченко, С. Мазурик, В. Романець
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
IvanchenkoAV@ukr.net

Сонячні батареї складаються з великої кількості послідовно та паралельно з'єднаних фотоелектричних перетворювачів. Основною частиною фотоелектричних перетворювачів часто є кремнієвий p-n-перехід, що чутливий до впливу високих температур [1].

Слід зазначити, що дотепер питання про одержання відомостей про рівень деградації і збереження елемента фотоелектричного перетворювача після впливу відносно високих температур протягом обмеженого проміжку часу представляється недостатньо дослідженим. Необхідність подібних досліджень важлива у зв'язку з перспективою вирішення задачі підвищення надійності сонячних батарей шляхом використання у якості додаткових пристроїв для ізоляції неактивних (затінених або дефектних) областей як окремих фотоелектричних перетворювачів, так і їхніх модулів, самовідновлюваних запобіжників PPTC (polymeric positive temperature coefficient device) типу “Polyswith” [2].

У даній роботі досліджувався вплив перебування при високих температурах на функціональні характеристики та параметри фотоелектричних перетворювачів сонячних батарей. Особлива увага приділена режимам освітлення та станам (розімкнуте, короткозамкнене) фотоелектричних перетворювачів.

У дослідженнях використовувалися зразки ФЕП з монокристалічного кремнію КДБ-10 з просвітлюючим покриттям на основі ITO [2].

Для вимірювання вольт-амперної та вольт-ватної характеристики (кривій потужності) використовувалася відома вимірювальна схема вольтметра-амперметра.

Роль джерела світла виконував імітатор сонячного випромінювання, що моделює умови AM1,5. Для досліджень при підвищеній температурі фотоелектричний перетворювач поміщався в розігрітий термостат, а після кожної такої термообробки охолоджувався до кімнатної температури у вільному режимі.

Експериментальні дослідження проводилися у наступному порядку. Для визначення факту впливу перебування фотоелектричних перетворювачів при підвищених температурах на їхню працездатність вимірялися вольт-амперні характеристики цих фотоелектричних перетворювачів у темновому і світловому режимах, у кожному з яких досліджувалися розімкнутий і короткозамкнений стани перетворювача. На основі отриманих вольт-амперних характеристик розраховувалися відповідні вольт-ватні характеристики.

У результаті фіксувалися значення основних параметрів вольт-амперних і вольт-ватних характеристик фотоелектричних перетворювачів: напруга холостого ходу (при розімкнутому фотоелектричному перетворювачі) V_{OC}, струм короткого замикання I_{SC} і електрична максимальна потужність P_{max}, що подається у зовнішнє коло.

Отримані результати оформлялися у вигляді кореляційних полів, де як незалежний фактор x приймалися значення температури або тривалості термообробки, а випадкової величини y – значення указаних вище параметрів вольт-амперних і вольт-ватних характеристик досліджених фотоелектричних перетворювачів. Ці дані також

представлялися апроксимуючими лінійними залежностями, отриманими з використанням методу найменших квадратів.

Для їхнього аналізу використовувалася методика, що аналогічна застосовуваної для оцінки стабільності варисторних виробів і заснована на фіксації відхилень їхніх функціональних параметрів від номінальних значень внаслідок старіння або впливу різних термообробок [3].

Виміряні та проаналізовані вольт-амперні та вольт-ватні характеристики досліджуваних фотоелектричних перетворювачів, які були піддані термообробкам різної тривалості (до 6 годин) при температурі 150°С у темновому і світловому режимах, у кожному з яких досліджувалися розімкнутий і короткозамкнений стани. Установлено, що використовувана термообробка, призводить до деякого незначного «дрейфу» указаних характеристик.

Проведена оцінка відхилу основних параметрів фотоелектричних перетворювачів (напруги холостого ходу, струму короткого замикання і максимальної генерованої електричної потужності), яка становила величину, що не перевищує 5%.

[1] Flammini M.G., Debernardi N., Le Ster M., Dunne B., Bosman J., Theelen M. The influence of heating time and temperature on the properties of CIGSSe solar cells. International Journal of Photoenergy. Vol. 2016. (2016). Article ID 4089369. 7 pages.
[2] Тонкошкур А.С., Иванченко А.В., Накашидзе Л.В., Мазурик С.В. Применение самовосстанавливающихся элементов для электрической защиты солнечных батарей. Технология и конструирование в электронной аппаратуре. № 1. (2018). С. 43-49.
[3] Іванченко О.В., Тонкошкур О.С. Електроміграційна модель деградації металооксидних варисторних структур. Український фізичний журнал. Т. 57, № 3. (2012). С. 331-339.

INFLUENCE OF THERMO HEAT PROCESSING ON ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF SILICON PHOTOVOLTAIC CONVERTERS OF SOLAR BATTERIES

A. Ivanchenko, S. Mazurik, V. Romanets
Oles Honchar Dnipro National University
IvanchenkoAV@ukr.net

Solar panels consist of the large number of serial and parallel connected photovoltaic converters. Often, the main part of the photoelectric converters is the silicon p-n transition that is sensitive to high temperatures.

In this work, the influence of staying at high temperatures on the current-voltage and volt-watt characteristics of photovoltaic converters of solar batteries was investigated. Lighting modes and states (open-, short-circuited) of photovoltaic converters are given special attention.

The method similar that used to evaluate the stability of the varistor products and is based on fixing the deviations of their functional parameters from nominal values due to aging or the influence of different thermal processing was used for analysis.

It was shown that the deviations of the main parameters of the photovoltaic converters (open-circuited voltage, short-circuit current and maximum generated electric power) were not greater than 5%.

ГЕТЕРОШАРИ ZnS_xSe_{1-x} ЯК ДЖЕРЕЛА ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

М. Сльотов, О. Сльотов
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
m.slyotov@chnu.edu.ua, o.slyotov@chnu.edu.ua

Важливим напрямком сучасної електроніки є розширення функціональних можливостей інформаційних систем. Їх швидкодія, оперативна пам'ять та інші важливі параметри можуть бути істотно покращені шляхом використання оптичного сигналу. При цьому важливим постає необхідність розширення спектральної області у короткохвильовий діапазон таких оптичних систем. Це може бути реалізовано застосуванням широкозонних II-VI сполук. Їх велика ширина забороненої зони добре поєднується з прямозонністю енергетичної структури, що забезпечує високу ефективність генераційно-рекомбінаційних процесів. Тому актуальним є пошук методу отримання гетерошарів (ГШ) та визначення їх головних оптичних параметрів і характеристик, а особливо вивчення можливостей керування спектром випромінювання.

Досліджено люмінесцентні властивості ГШ системи сульфід-селенід цинку. Енергетичні параметри речовин забезпечують можливість варіації довжини хвилі в області 0,34-0,46 мкм. Для отримання твердих розчинів заміщення використовувався ізотермічний відпал базової сполуки ZnS у парі ізовалентного елементу Se. Варіація режимів ізовалентного заміщення дозволила отримати практично лінійну зміну величини E_g і енергетичних параметрів системи ZnS_xSe_{1-x} при зміні x. При $x \approx 0{,}13$ $E_g = 2{,}82$ еВ, а при $x \approx 0{,}47$ – $E_g = 3{,}20$ еВ. Структурна досконалість отриманих ГШ твердих розчинів на базовій підкладці ZnS підтверджується дослідженнями λ-модульованого відбивання R'_ω і пропускання T'_ω. Важливим для практичного використання є висока квантова ефективність $\eta = 5\text{-}6{,}5$ фотолюмінесценції (ФЛ) при 300 К. Випромінювання охоплює спектральний діапазон $\Delta\lambda = 0{,}418\text{-}0{,}459$ мкм з $\lambda_m = 0{,}440$ мкм при $x = 0{,}13$ і $\Delta\lambda = 0{,}375\text{-}0{,}406$ мкм з $\lambda_m = 0{,}389$ мкм при $x = 0{,}47$. Досліджувана ФЛ формується випромінюванням внаслідок міжзонної рекомбінації вільних носіїв заряду та анігіляції зв'язаних екситонів. Для нього характерні слабка температурна залежність інтенсивності, включаючи T = 480-500 К, а також висока часова повторюваність та стабільність характеристик.

ZnS_xSe_{1-x} HETEROLAYERS AS THE SOURCES OF OPTICAL RADIATION

M. Slyotov, O. Slyotov
Yury Fed'kovich Chernivtsi National University
m.slyotov@chnu.edu.ua, o.slyotov@chnu.edu.ua

The ZnS_xSe_{1-x} heterolayers were obtained by the method of isovalent substitution. It is shown that the obtained layers are characterized by a high structural perfection and quantum efficiency $\eta = 5\text{-}6.5$ of photoluminescence. The last one is formed by the interband recombination of free charge carriers and by the annihilation of the excitons bound on the isovalent impurity. The radiation is characterized by the repeatability in time and stability of characteristics, as well as a weak temperature dependence of intensity.

ТЕНЗООПІР І ТЕНЗОТЕРМОЕРС МОНОКРИСТАЛІВ *n*-Si ТА ЗВ'ЯЗОК МІЖ НИМИ

Г. Гайдар
Інститут ядерних досліджень НАН України
gaydar@kinr.kiev.ua

У рамках теорії анізотропного розсіювання, досліджуючи зв'язок між компонентами тензора термоерс захоплення $\hat{\alpha}^{\phi}$ і компонентами тензора питомого опору $\hat{\rho}$ в одновісно пружно деформованих багатодолинних напівпровідниках типу *n*-Si та *n*-Ge, одержано формулу для обчислення тензотермоерс за експериментальними даними з тензоопору [1]:

$$\frac{\alpha_{ik}^{\phi}}{\alpha_0^{\phi}} = A_1 \delta_{ik} + A_2 \frac{\rho_{ik}}{\rho_0}, \tag{1}$$

де δ_{ik} – дельта-функция, $A_1 = \frac{(M-K)(2K+1)}{(1-K)(2K+M)}$, $A_2 = \frac{3K(M-1)}{(K-1)(2K+M)}$ – коефіцієнти, $K = K_m / K_\tau = \mu_\perp / \mu_\parallel$ – параметр анізотропії рухливості, $M = \alpha_\parallel^{\phi} / \alpha_\perp^{\phi}$ – параметр анізотропії термоерс захоплення, α_0^{ϕ} і ρ_0 – відповідно фононна частина термоерс та питомий опір недеформованого кристала.

Наведені в [1] для довільних (а не обраних) кристалографічних напрямків обґрунтування застосовності формули (1) в разі великих механічних напружень *X*, що забезпечують реалізацію однодолинної (в *n*-Ge) або двохдолинної (в *n*-Si) моделі, дозволяли сподіватися на істотне полегшення в дослідженні тензотермоерс, якщо взяти до уваги те, що тензоопір ρ_X/ρ_0 вимірювати незрівнянно простіше, ніж тензотермоерс α_X/α_0. Перешкодою на шляху до реалізації цих переваг було те, що обговорювану формулу одержано в [1] лише для умов фононного розсіювання. Зазначена обставина різко звужує межі застосовності формули (1) і знижує тим самим її привабливість у прикладному сенсі.

Можна думати, однак, що відносно слабка залежність параметрів анізотропії *K* і *M* (а отже, і коефіцієнтів A_1 і A_2) від концентрації $n_e \equiv N_d$ (в області виснаження), а також незалежність в явному вигляді відношення ρ_{ik}/ρ_0 від n_e, можуть складати достатнє підґрунтя для застосовності формули (1) не тільки в області фононного, але також і в області змішаного розсіювання. Експериментальній перевірці останнього твердження і присвячена дана робота.

У загальному випадку експериментально вимірювані значення коефіцієнта диференційної термоерс α складаються з суми двох компонент:

$$\alpha = \alpha^{e} + \alpha^{\phi}, \tag{2}$$

де електронна (дифузійна) α^{e} та фононна α^{ϕ} частини коефіцієнта термоерс пов'язані відповідно з дифузією носіїв та їх захопленням потоком фононів.

На кристалах *n*-Si з концентрацією носіїв заряду n_e в широких межах (від 10^{13} до 10^{16} см$^{-3}$) виміряно (при $\vec{X} \parallel \vec{j} \parallel [001]$, $T = 77$ K) залежності

$\rho_{33}/\rho_0 \equiv \rho_X^{[001]}/\rho_0 = f(X)$. За даними цих вимірів знайдено для кожного з досліджених зразків значення параметрів K і M за методикою, описаною в [2]. За загальноприйнятими формулами обчислено значення дифузійної частини термоерс $\alpha^e = \alpha^e(n_e)$ з тим, щоб, скориставшись формулами (1) і (2) та виміряними (для кожної з концентрацій) залежностями тензоопору $\rho_X/\rho_0 = f(X)$, розрахувати залежності тензотермоерс $\alpha_X/\alpha_0 = \varphi(X)$.

Встановлено, що криві тензотермоерс, розраховані за виміряними значеннями ρ_X/ρ_0 за допомогою формули (1), кількісно узгоджуються з безпосередньо виміряними залежностями тензотермоерс $\alpha_X/\alpha_0 = \varphi(X)$ у використаному діапазоні значень X і концентрацій n_e. Показано, що навіть при $n_e \leq 2{,}6 \cdot 10^{16}$ см$^{-3}$ тензотермоерс n-Si в області електрон-фононного захоплення може надійно обчислюватися за експериментальними даними з тензоопору при використанні формули (1), отриманої в теорії [1] для випадку суто фононного розсіювання. Експериментальне обґрунтування цього прийому не тільки значно спрощує процедуру вимірів (оскільки тензоопір ρ_X/ρ_0 вимірюється за відсутності градієнта температури), але забезпечує також виключення можливості прояву деяких систематичних помилок (що виникають, наприклад, в результаті вихрових термострумів) в експериментах з тензотермоерс, які проводяться з реальними кристалами. Зазначений факт має істотне значення при проведенні експериментів підвищеної точності, спрямованих на з'ясування принципових (або ж технічно важливих) положень, які передбачаються теорією.

[1] Баранский П.И., Буда И.С., Даховский И.В. Теория термоэлектрических и термомагнитных явлений в анизотропных полупроводниках. Киев: Наукова думка. (1987). 272 с.
[2] Gaidar G.P., Baranskii P.I. Thermoelectric Properties of Transmutation Doped Silicon Crystals. Physica B: Condensed Matter. Vol. 441. (2014). P. 80–88.

TENSORESISTANCE AND TENSO-THERMO-EMF OF *n*-Si SINGLE CRYSTALS AND THE RELATIONSHIP BETWEEN THEM

G. Gaidar
Institute for Nuclear Research of NAS of Ukraine
gaydar@kinr.kiev.ua

This paper describes the results of investigation of the tensoresistance and tenso-thermo-emf of n-Si single crystals over a wide range of the mechanical stresses X and charge carrier concentrations n_e. The possibility of using a formula for calculating the tenso-thermo-emf from the experimental tensoresistance data in the region of the electron-phonon drag was shown, although this formula was obtained in the framework of the anisotropic scattering theory only for phonon scattering conditions.

The experimental justification for this method not only greatly simplifies the procedure of measurements (since the tensoresistance is measured in the absence of a temperature gradient), but also provides that the some systematic errors in the experiments with the tenso-thermo-emf can not occur. The mentioned fact is of substantial importance in carrying out the experiments of the increased accuracy aimed at elucidating the principal (or technically important) provisions, which are provided by theory.

КОРРЕЛЯЦИЯ МЕЖДУ ТОКОМ СРАБАТЫВАНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ В ПРОВОДЯЩЕМ СОСТОЯНИИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ «POLYSWITH»

А. Ляшков, А. Тонкошкур
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
alexdnu@ukr.net

Самоостанавливающиеся предохранители типа «Polyswith» (СВП) находят широкое применение для защиты от токовых перегрузок в различных необслуживаемых устройствах с возможностью возникновения многократных перегрузок по току и устройствах, где замена плавкой вставки является проблематичной (компьютеры, элементы питания, медицинское и измерительное оборудование и т.д.) [1]. Особый интерес они представляют для разработки защиты от электрических и тепловых перегрузок в фотоэлектрической системе (ФЭС) солнечных батарей [2].

Основными параметрами, важными для применения СВП в указанных ФЭС, являются их электрическое сопротивление в проводящем состоянии R_{min} и ток срабатывания I_{trip}, т.е. минимальный ток через СВП, при котором происходит переход от проводящего его состояния к непроводящему. При таком перспективном использовании рассматриваемых предохранителей наиболее предпочтительными представляются СВП с низкими сопротивлениями R_{min} и небольшими токами срабатывания I_{trip}. Таким образом, для определения пригодности конкретного СВП как элемента защиты от токовых перегрузок необходимо рассматривать ключевые параметры I_{trip} и R_{min}, которые не являются независимыми.

На рис. 1 представлена корреляционная зависимость, координаты точек которой соответствуют значениям параметров I_{trip} и R_{min} для СВП серийно выпускаемых компаниями Bourns, Inc. и Littelfuse, Inc.. Как видно корреляционная зависимость отображает тенденцию убывания I_{trip} с ростом R_{min}:

$$I_{trip} = a \cdot (R_{min})^{-b}, \quad (1)$$

где a = 0,38-0,47 и b = 0,64-0,71.

Приведенная зависимость позволяет оценить перспективы применения производимых в настоящее время СВП для ограничения токовых перегрузок в ФЭС солнечных батарей. В частности, исходя из этого, можно заключить, что современная база промышленных СВП позволяет обеспечить защиту от токовых перегрузок в параллельных соединениях фотоэлектрических модулей, которые, как известно, имеют достаточно большое последовательное эффективное электрическое сопротивление и генерируемые токи. В то же время для параллельного соединения фотоэлектрических преобразователей, которые имеют малую величину тока короткого замыкания, найти подходящий предохранитель невозможно.

Следует отметить, что параметры СВП I_{trip} и R_{min} определяются количеством теплоты, необходимой для перехода кристаллической структуры полимерной матрицы в аморфную.

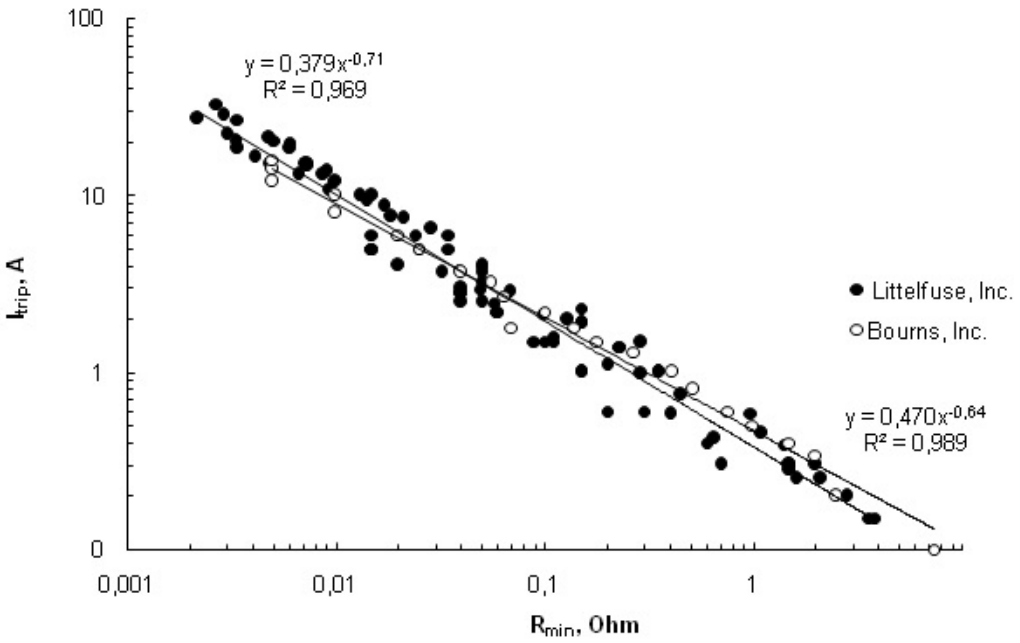


Рис. 1. Корреляция между сопротивлением в проводящем состоянии R_{min} и током срабатывания I_{trip} серийных СВП различных производителей.

Применяемые в настоящее время накокомпозиты для СВП в качестве матричной фазы используют полиэтилен с температурой плавления ~ 125°С. Замена полиэтилена на материал с более низкой температурой плавления может привести к уменьшению мощности необходимой для ее достижения, и таким образом, к созданию СВП с меньшими I_{trip} и R_{min}.

[1] Хухтиков С. «Восстановить работоспособность!». Самовосстанавливающиеся PPTC-предохранители MultiFuse. Новости электроники. № 1. (2015) С. 37-41.
[2] Тонкошкур А.С., Иванченко А.В., Накашидзе Л.В., Мазурик С.В. Применение самовосстанавливающихся элементов для электрической защиты солнечных батарей. ТКЭА, №1 (2018). С. 43-49.

CORRELATION BETWEEN THE TRIPPING CURRENT AND ELECTRICAL RESISTANCE OF POLYSWITH FUSES IN THE CONDUCTING CONDITION

A. Lyashkov A. Tonkoshkur
Oles Honchar Dnipro National University
alexdnu@ukr.net

The prospects of using Polyswith self-resetting fuses to protect photovoltaic systems of solar batteries from overcurrent are estimated.

Their suitability for current limiting in parallel connections of the photovoltaic modules has been established. Physical and technological issues of expanding the technical capabilities of such fuses in the direction of reducing the thermal power absorbed in the process of their operation are analyzed.

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ НА ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЮ КРИСТАЛІВ ZnS:Cu,Mn

М. Буланий, О. Коваленко, В. Кириченко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
bulanyi@ ukr.net

При прикладенні ультразвукових коливань (УЗ) спостерігається зсув спектральної смуги фотолюмінесценції (ФЛ) в довгохвилеву область спектра. Величина зсуву дорівнює Δ hν = 0.05 еВ. Наявність спектральних зрушень смуги ФЛ з λ_m = 520 нм в самоактивованих кристалах ZnS при УЗ обробці пов'язана зі зміною міжатомної відстані між центрами. Процес зміни спектральних характеристик в ZnS зумовлений наявністю рухомих дислокацій, що мають сильний електричний заряд. Саме механічна деформація призводить до руху дислокацій, при взаємодії яких з полем УЗ коливань, відбувається збудження (іонізація) атомів домішки з наступними випромінювальними переходами. Сильний заряд дислокацій зумовлений великою часткою іонної складової хімічного зв'язку між атомами Zn і S.

З фізичної точки зору цей процес можна пов'язати з явищем тунелювання електронів домішкових центрів світіння в електричному полі рухомих дислокацій, що виникають при пластичній деформації кристала. Відома електрична модель, згідно з якою дислокація, як лінійний дефект кристалічної ґратки може бути представлена у вигляді циліндра просторового заряду з центральним ядром, заповненим електронами.

При пластичній деформації дислокації зрушуються з місця і починають переміщатися в середині обсягу кристала, в якому приблизно рівномірно розподілені центри світіння. У міру наближення дислокації до центра світіння, він переміщається на більш високий енергетичний рівень. Як тільки відбудеться зближення та перекриття основних електронних рівнів з рівнями центрів світіння або із зоною провідності, стають істотними процеси тунелювання електронів із зайнятих рівнів на вільні і в зону провідності.

Так як швидкість тунелювання електрона велика в порівнянні зі швидкістю руху дислокації, то можна вважати, що в момент тунелювання центр світіння віддалений від ядра дислокації на фіксовану відстань, а тунелювання відбувається в постійному електричному полі.

Кожній компоненті широкої смуги випромінення може відповідати свій люмінесцентний центр, а її інтенсивність залежати від умов збудження. Розділення спектрів (при 300 К) було виконане для декількох зразків, що відрізняються складом вихідних домішок. Результати аналізу показали, що як блакитна, так зелена і червона смуги складаються з декількох компонент.

В спектрах люмінесценції фосфорів та монокристалів сульфіду цинку в синій та зеленій областях спостерігаються широкі смуги. Дослідження показують, що люмінесценція в цих смугах формується центрами світіння на основі домішкових та власних дефектів різного типу або їх комплексів. Встановлено, що однією з домішок, що призводить до випромінення ZnS в цих областях є мідь. Тому домішка міді часто використовується при створенні промислових люмінофорів для роботи в синій та зеленій областях спектру.

Для досліджуваного кристалу фото- та електролюмінесцентні смуги широкі та складаються з елементарних смуг. Число смуг у різних авторів різне.

Результатами всіх цих розкладень із літературних данних показано в таблиці. Спектри люмінесценції ZnS:Cu,Mn були розкладені на 10 елементарних смуг.

Таблиця Результати розкладення спектрів люмінесценції кристалів ZnS:Cu.Mn на елементарні смуги

№	λ, нм	hν, еВ	ΔE, еВ
1	400	3.1	0.16
2	427	2.91	0.15
3	440	2.82	0.15
4	452	2.74	0.14
5	467	2.66	0.155
6	483	2.57	0.23
7	508	2.41	0.19
8	522	2.37	0.18
9	547	2.27	0.22
10	580	2.14	021

Спостережувані зміни спектру ФЛ пояснюються процесами, пов'язаними з рухом дислокацій, викликаних пружними механічними коливаннями в кристалах при поширенні в них УЗ коливань. Відомо, що дислокації в кристалах сульфіду цинку электрично заряджені. У вихідному стані негативний електричний заряд дислокацій компенсується позитивною хмарою іонізованих домішок і дефектів, розташованих навколо дислокацій. При, стимульованому пружними хвилями, виході дислокацій із цих областей радіус їх рідовских циліндрів збільшується й у зоні дії сильних електричних полів виявляється більша частка об'єму кристала. Дослідження ФЛ кристалів ZnS до і після УЗ обробки показали, що в них спостерігається характерна для кристалів смуга випромінювання з λ_{max} = 525 нм. Вплив УЗ приводив до зростання інтенсивності ФЛ, при цьому спектральне положення смуги випромінювання не змінювалось.

Відомо, що в кристалах ZnS при дії на них УЗ коливань спостерігається рух дислокацій та при зустрічі з дефектами може змінюватися їх зарядовий стан, що може привести до змін у спектрах ФЛ. Нами проведені дослідження впливу УЗ на спектри ФЛ у кристалах ZnS:Cu при кімнатних температурах.

Дослідження ФЛ кристалів ZnS до і після УЗ обробки показали, що в них спостерігається характерна для кристалів смуга випромінювання з λ_{max} = 525 нм. Вплив УЗ приводив до зростання інтенсивності ФЛ, при цьому спектральне положення смуги випромінювання не змінювалось.

Відомо, що в кристалах ZnS при дії на них УЗ коливань спостерігається рух дислокацій та при зустрічі з дефектами може змінюватися їх зарядовий стан, що може привести до змін у спектрах ФЛ.

EFFECT OF ULTRASOUND ON FOTOLUMINESCENCIU CRYSTALS of ZnS: Cu, Mn

M. Bulanyi, O. Kovalenko, V. Kirichenko
Oles Honchar Dnipro National University
bulanyi @ ukr.net

In ZnS crystals when exposed to them ultrasonic vibrations observed the movement of dislocations and the meeting with defects can vary their charge the status which may lead to changes in the spectra of photoluminiscence.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ НА СПЕКТРЫ ЭПР ОКСИДА ЦИНКА

А. Галка, А. Ляшков, О. Хмеленко
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
alexdnu@ukr.net

Оксид цинка широко используется в самых различных областях промышленности, техники и медицины. Многообразие электрофизических свойств [1], таких, как наличие полупроводникового характера электропроводности при большой ширине запрещенной зоны, люминесцентные, оптические свойства и фотопроводимость, делают этот материал уникальным.

Актуальной проблемой в настоящее время является получение на основе ZnO различных радиоэлементов. При нормальных условиях нелегированный оксид цинка является полупроводником n-типа электропроводности, поэтому синтез стабильного материала p-типа сопряжен со значительными сложностями. Более полное понимание электронной структуры и строения материала может дать ключ к решению данной проблемы.

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) является высокочувствительным методом радиоспектроскопии, позволяющим фиксировать изменения в структуре и свойствах материала, когда зачастую, это невозможно сделать другими методами исследований. Целью работы было выявление характерных особенностей влияния термообработки в среде восстановительных газов на спектры ЭПР оксида цинка.

Экспериментальные образцы получали путем прокаливания промышленных реактивов в парах этанола. Фиксированное количество порошка оксида цинка квалификации «хч» помещалось в кварцевую емкость, в которую добавляли определенный объем этанола (C_2H_5OH), после чего ее герметизировали. Емкость помещали в электропечь. Скорость подъема температуры составляла 10°C в минуту. Температуры термообработки изменялись с интервалом 50-100°C. При достижении необходимой температуры печь выдерживалась в стационарном режиме в течение 20 мин.. После чего ее отключали и емкость с порошком охлаждалась.

Измерения сигнала ЭПР проводились с помощью радиоспектрометр ЭПР SE/X-2543 при комнатной температуре. Наиболее стабильным и интенсивным сигналом спектра был сигнал с g-фактором ~ 1,96. Поэтому на всех материалах, прежде всего, измерялся именно он. Типичный спектр ЭПР представлен на рис. 1. Для каждого спектра фиксировалась его амплитуда, поделив которую на массу образца получали удельную интенсивность и, таким образом, зависимость относительной интенсивности от температуры термообработки (рис. 2). Вначале наблюдается увеличение интенсивности сигнала с повышением температуры термообработки до 500°C. Затем амплитуда сигнала уменьшалась и при 600°C он полностью исчезал.

Повышение интенсивности сигнала можно объяснить тем, что при больших температурах термообработки в восстановительной среде увеличивалось количество кислородных вакансий, которые являются дефектами структуры ZnO. Глубина залегания уровня этих дефектов под дном зоны проводимости составляет 0,05 эВ. Поэтому концентрация этих мелких доноров сильно влияет на электропроводность. По одной из версий сигнал с g-фактором ~ 1,96 также связан с кислородными вакансиями [1].

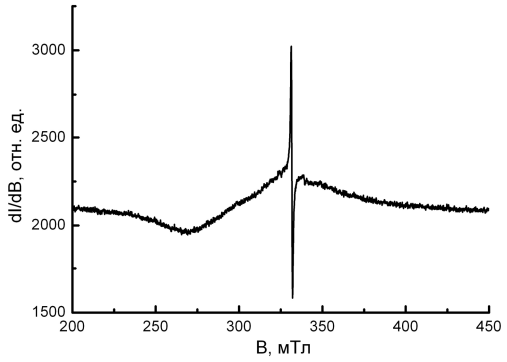


Рис. 1. Спектр сигнала ЭПР образца ZnO с температурой обработки 500°С.

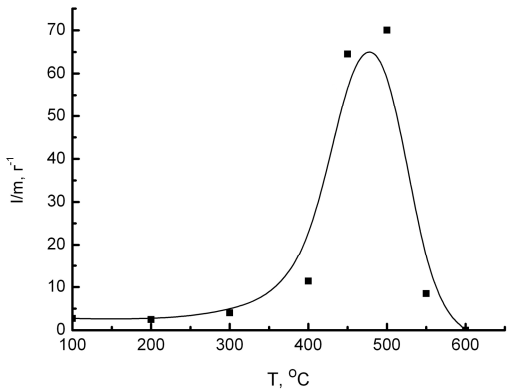


Рис. 2. Зависимость удельной интенсивности сигнала ЭПР с g-фактором ~ 1,96 в ZnO от температуры термообработки в этаноле.

Падение интенсивности сигнала с g-фактором 1,96 можно объяснить тем, что с увеличением электропроводности материала добротность резонатора установки ЭПР резко падает. Это косвенно подтверждается неустойчивостью сигнала при настройке резонатора в ходе подготовки к измерению.

С точки зрения зонной теории строения твердого тела, можно предположить, что в условиях смещения стехиометрии ZnO в сторону металла и, соответственно, при увеличении количества свободных электронов в материале вероятность захвата последних на однозаряженные вакансии кислорода возрастает, что переводит их в нейтральное состояние (с двумя электронами), сигнал ЭПР при этом пропадает, так как парамагнитными являются только вакансии с одним электроном.

[1] Janotti A., Van de Walle C.G. Fundamentals of zinc oxide as a semiconductor. Reports on progress in physics, Vol. 72(12). (2009). P. 126501.

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT OF THE ZINC OXIDE IN REDUCING MEDIA ON EPR SPECTRA

A. Halka, A. Lyashkov, O. Khmelenko
Oles Honchar Dnipro National University
alexdnu@ukr.net

The results of studying the effect of heat treatment in an ethanol medium on the EPR spectra of zinc oxide are presented. First, with an increase in the heat treatment temperature to 500°C an increase in signal intensity with a g-factor of ~ 1,96 is observed. Then the amplitude of the signal decreased and at 600°C it completely disappeared.

The increase in the intensity of the signal after heat treatment in a reducing medium can be explained by the increasing oxygen vacancies number that are a defect in the structure of ZnO.

The decrease in the intensity of the signal is explained by a sharp drop in the g-factor of the EPR apparatus resonator with an increase the electrical conductivity of the material. Also, a possible mechanism for reducing the signal intensity can be the capture of electrons with an increase in their concentration on single-charged oxygen vacancies.

ВПЛИВ Sn НА ВЛАСТИВОСТІ ГЕТЕРОШАРІВ α-ZnSe

М. Сльотов, О. Сльотов
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
m.slyotov@chnu.edu.ua, o.slyotov@chnu.edu.ua

Сучасні інформаційні системи характеризуються широким набором приладів електроніки різного типу. Їх практичне використання передбачає можливість істотної зміни властивостей і параметрів складових як вдосконаленням технологічних методів отримання базових напівпровідникових матеріалів, так і їх легування домішками різного типу. Серед них на увагу заслуговує елемент Sn, який дозволяє варіювати електропровідність матеріалу у широкому діапазоні.

Базові гетерошари гексагонального селеніду цинку отримувалися ізотермічним відпалом монокристалів α-CdSe у парі ізовалентного елементу. Характеристики і параметри визначалися неруйнівними оптичними методами досліджень, включаючи λ-модульоване відбивання і пропускання. Встановлено, що отримані гетерошари (ГШ) α-ZnSe характеризуються інтенсивною фотолюмінесценцією (ФЛ) з квантовою ефективністю η = 10-15 % напроти 0,1-0,4 % для широко використовуваних кристалів β-ZnSe. Величина їх електропровідності складає $\rho = 10^{10}$-10^{11} Ом·см. При легуванні Sn дифузією у зачиненому об'ємі вона істотно зменшується. За відповідних умов можливо зменшувати ρ до 10^5-10^6 Ом·см. На таких ГШ спостерігається збільшення інтегральної фоточутливості виготовлених бар'єрних структур Ni–α-ZnSe. Спектральна область охоплює діапазон 0,47÷0,34 мкм, а максимум фоточутливості припадає на крайову область λ_m = 0,44 мкм ($\hbar\omega_m$ = 2,818 еВ). Величина фоточутливості визначається не інтенсивністю світла у короткохвильовому діапазоні, а умовами живлення структури при обернених напругах. Легування Sn шарів α-ZnSe не впливає на їх спектр ФЛ, який охоплює короткохвильовий діапазон Δλ = 0,40÷0,45 мкм. Розподіл випромінювання практично не змінюється при зміні вмісту Sn до 10^2 Ом·см. Обговорюються можливості отримання електролюмінісцентних структур на основі гетерошарів α-ZnSe.

INFLUENCE OF Sn ON PROPERTIES OF α-ZnSe HETEROLAYERS

M. Slyotov, O. Slyotov
Yury Fed'kovich Chernivtsi National University
m.slyotov@chnu.edu.ua, o.slyotov@chnu.edu.ua

The heterolayers of unstable modification of α-ZnSe were obtained by the method of isovalent substitution. These heterolayers are characterized by stability of optical, luminescent and electrical parameters. The doping of the heterolayers with the Sn impurity was carried out by diffusion method, and photo-sensitive structures were obtained with $\rho = 10^5$-10^6 Ohm·cm. The influence of changes in the concentration of Sn on the properties of the base material was studied and an analysis of the possibilities of obtaining electroluminescent sources of radiation was carried out.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ ПОЛИЭТИЛЕН-WO_3

Р. Дыренков, И. Цапиро, А. Ляшков, В. Макаров
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара
alexdnu@ukr.net

На сегодняшний день широкое распространение получили такие радиоэлектронные компоненты как самовосстанавливающиеся предохранители (СВП) типа “Polyswith”. Изготовление этих приборов не требует применения сложных энергоемких технологий и дорогостоящих материалов. Основными компонентами в их производстве являются полиэтилен и технический углерод (carbon black) [1]. Актуальным является применение в качестве проводящего наполнителя оксидов металлов, что позволяет синтезировать материалы с уникальными характеристиками [2].

В работе описаны результаты изучения электрических свойств композитов полиэтилен-WO_3 и влияние на них температуры.

Исходными компонентами для изготовления композитов были полиэтилен низкой плотности (LDPE) (марка 15803-020) в гранулах и оксид вольфрама квалификации «хч». Объемная доля WO_3 варьировалась от 33% до 3%. Нагрев шихты производили до перехода полиэтилена в вязкотекучее состояние, после чего материалы механически перемешивали. Охлажденный до комнатной температуры композит измельчали и формовали в виде дисков под давлением ~ 10 МПа. В торцы дисков впрессовывали электроды из мелкоячеистой медной сетки. Вторичную термообработку проводили в прессформе при избыточном давлением ~ 0,1 МПа и температуре 120°C в течении часа.

Вольт-амперные характеристики синтезированного композита слабонелинейны (коэффициент нелинейности $\beta \approx 2$).

На частотных зависимостях наблюдается уменьшение действительной и мнимых частей комплексной диэлектрической проницаемости, что характерно для неоднородных материалов. При уменьшении объемной доли WO_3 с 33% до 8% действительная часть диэлектрической проницаемости на частоте 100 кГц уменьшается с 35 до 4, а мнимая с 4 до 0,3.

Температурные зависимости электропроводности имели нелинейный характер (рис. 1). При повышении температуры проводимость сначала увеличивалась, а затем существенно снижалась. Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) при этом составлял для первого участка $\alpha = -0{,}06^{\circ}C^{-1}$ и $0{,}32^{\circ}C^{-1}$ для второго.

Такой характер температурной зависимости удельной проводимости можно объяснить тем, что на первом участке основным процессом который влияет на электропроводность является нагрев полупроводниковой составляющей композита, что и приводит к увеличению проводимости. На втором участке происходит расширение полимерной матрицы и разрушения каналов протекания тока, и уменьшение проводимости.

Сложность процессов протекания электрического тока в таких неоднородных структурах наглядно демонстрирует временная зависимость сопротивления – при сравнительно высоких напряжениях на образце его сопротивление вначале быстро падает в следствии нагрева полупроводника, затем тепло передается полимеру и он расширяется, при этом сопротивление возрастает.

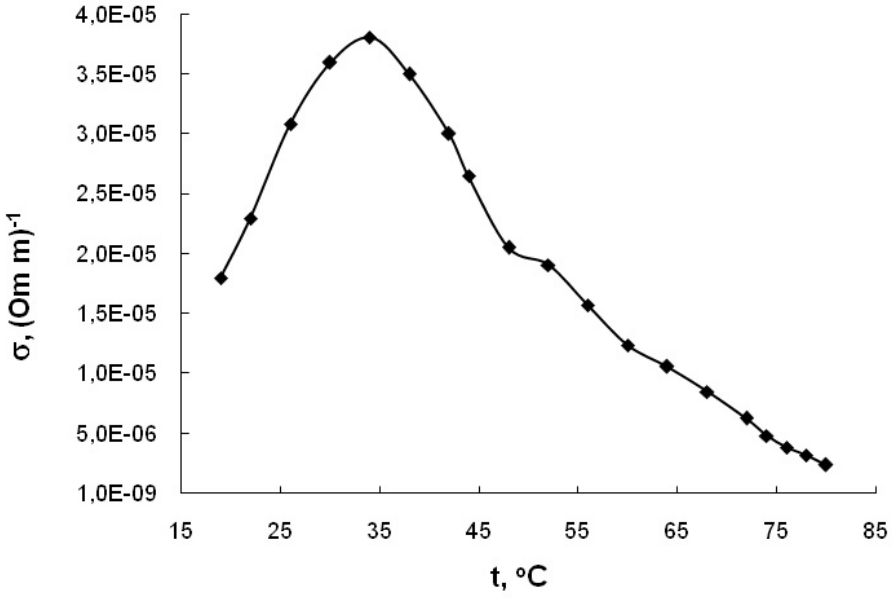


Рис. 1. Температурная зависимость удельной электропроводности образца композита полиэтилен-WO_3 (32% об. WO_3).

После того как мощность, рассеиваемая образцом уменьшается, происходит снижение сопротивление образца из-за остывания композита и сжатия полимерной матрицы. Однако при меньших напряжениях наблюдается только медленное снижение сопротивления.

[1] Tonkoshkur A.S., Lyashkov A.Yu., Degtyar'ov A.V. Size Effects in Electrical Properties of Carbon-Polypropylene Composites. Ukrainian journal of physics, Vol. 61, №11. (2016). p. 1008-1016.
[2] Lyashkov A.Y., Tonkoshkur A.S. Varistor composites with a positive temperature coefficient of resistance. Technical Physics, Vol. 56(3), (2011). p. 427-428.

ELECTRICAL PROPERTIES OF POLYETHYLENE-WO_3 COMPOSITE

R. Dyrenkov, I. Tsapiro, A. Lyashkov, V. Makarov
Oles Honchar Dnipro National University
alexdnu@ukr.net

The results of studying the electrical properties of polyethylene-WO_3 composites are presented. The real part of the dielectric constant at the frequency of 100 kHz decreases from 35 to 4, and the imaginary part from 4 to 0,3, when the volume fraction of WO_3 is reduced from 33% to 8%. The current-voltage characteristics of the composite are weakly nonlinear ($\beta \approx 2$).

The temperature dependences of electrical conductivity are nonlinear. As the temperature rises, the conductivity first increases, and then decreases substantially. The temperature coefficient of resistance (TCR) in this case for the first segment is $\alpha = -0{,}06^{\circ}C^{-1}$ and $0{,}32^{\circ}C^{-1}$ for the second.

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕМИКАННЯ КРИТИЧНИХ ТЕРМОРЕЗИСТОРІВ НА ОСНОВІ ДІОКСИДНОВАНАДІЄВОЇ КЕРАМІКИ

В. Соловйов, В. Колбунов
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
s3ifree@gmail.com

В сучасній електронній апаратурі питома потужність, що розсіюється її компонентами, безперервно зростає, що неминуче вимагає ефективного захисту від струмового та теплового перевантаження як окремих блоків, так і всього приладу в цілому. У зв'язку з цим актуальним є розробка та вдосконалення таких компонентів електроніки як терморезистори, а зокрема критичних терморезисторів. Останні поєднують властивості звичайних напівпровідникових терморезисторів з негативним температурним коефіцієнтом опору і термічного реле. Критичні терморезистори створюються на основі оксидних напівпровідникових матеріалів з фазовим переходом метал-напівпровідник (ФПМН). Найбільш цікавим в плані практичного застосування матеріалом для створення критичних терморезисторів є напівпровідникова кераміка на основі діоксиду ванадію (VO2) [1].

Метою цієї роботи є дослідження процесу перемикання критичного терморезистора на основі діоксіднованадієвой кераміки з низькоомного стану (on-state) в високомний (off-state).

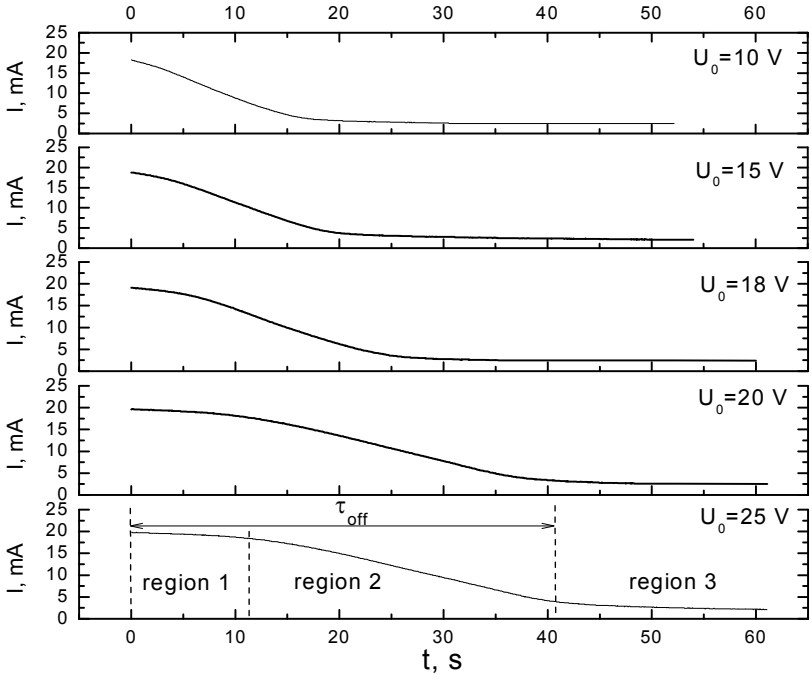


Рис. 1. Кінетика струму при вимиканні терморезистора при різних величинах перемикаючої напруги U_0.

На рис. 1 наведенні часові залежності струму, що протікає через критичний терморезистор після зняття U_0 при різних його значеннях. За момент часу t=0 прийнятий момент зняття U_0. Кінетика зміни струму терморезистора після зняття перемикаючей напруги, визначається станом on-state, в якому знаходився терморезистор до вимкнення.

Як видно, всі залежності мають три ділянки з різною швидкістю убування струму. На першій ділянці (region 1) спостерігається невисока швидкість зміни струму терморезистора. Наявність цієї ділянки і її протяжність пов'язані з охолодженням матеріалу терморезистора до температури ФПМН в діоксиді ванадію [2]. Її протяжність буде тим вище, чим вище була температура терморезистора у включеному стані. Основним параметром, що визначає зміну струму терморезистора у включеному стані, є перемикаюча напруга U_0. Тому протяжність першої ділянки збільшується з ростом U_0, а на залежностях при U_0 = 10 В і U_0 = 15 В ця ділянка майже відсутня (див. Рис. 1). На другій ділянці (region 2) спостерігається найвища швидкість зміни струму. Ця ділянка пов'язана з «спаданням» шнура струму в матеріалі критичного терморезистора, тобто переходом кристалітів VO_2 з металевої фази в напівпровідникову. Швидкість зміни струму на цій ділянці зменшується з ростом U_0 від 0,86 мА/с при U_0 = 10 В до 0,51 мА/с при U_0 = 24 В. Це пов'язано з тим, що великі значення U_0 створюють в терморезисторах шнури струму з великим ефективним перерізом, який визначається кількістю кристалітів діоксиду ванадію, що знаходяться в металевій фазі. Відповідно для зменшення струму в цьому випадку потрібно більше часу. Третя ділянка (region 3) пов'язана з досить слабкою зміною опору терморезистора при його охолодженні до температури навколишнього середовища. На цій ділянці критичний терморезистор поводиться як звичайний напівпровідник.

В роботі вивчена кінетика перемикання критичних терморезисторів на основі діоксіднованадієвой кераміки з on-state в off-state стан. Встановлено, що затримку переходу контролює шнур струму, в межах якого кристаліти VO_2 кераміки знаходяться в металевій фазі. Час затримки цього переходу визначається часом існування шнура струму після вімккнення напруги U_0, яка перемкнула терморезистор в on-state. Величина затримки зростає при збільшенні U_0. Причиною такої поведінки є розширення шнура струму в поперечному напрямку з ростом U_0.

[1] V.R. Kolbunov, A.I. Ivon, I.M. Chernenko. Conductivity of VO_2-based ceramics. Journal of Materials Science: Materials in Electronics. V.17, № 1. (2006). P. 57-62.
[2] Ivon, A.I., Chernenko, I.M., Kolbunov, V.R. et al. The size effect in current–voltage characteristic of VO_2-based ceramics in the on-state. J Mater Sci: Mater Electron V. 18, №10. (2007): P. 1009–1012.

FEATURES OF THE TRANSMISSION OF CRITICAL THERMORESISTORS BASED ON DIOXIDE VANADIUM CERAMICS

V. Solovyov, V. Kolbunov
Oles Honchar Dnipro National University
s3ifree@gmail.com

The kinetics of switching critical thermistors based on VO_2 ceramics from a state with low resistance (on-state) to a state of high resistance (off-state) was studied. It is established that the transition delay controls the current cord, within which the VO2 ceramics crystallites are in the metallic phase. The delay time τ_{off} of this transition is determined by the lifetime of the current cord after disconnecting the voltage U_0 that switched the thermistor to on-state. The delay τ_{off} increases with increasing U_0. The reason for this behavior is the expansion of the current cord in the transverse direction with increasing U_0. Therefore, the number of crystallites of VO_2 in the metallic phase increases. Therefore, τ_{off} increases due to an increase in the time required for the dissipation of heat released during the transition of the VO_2 crystallites from the metal phase to the semiconductor phase.

ПОКРАШЕННЯ КОНТРОЛЮ ТИСКУ РОБОЧОГО ГАЗУ ПІД ЧАС ОСАДЖЕННЯ ПЛІВОК МЕТОДОМ РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РОЗПОРОШЕННЯ

К. Часовський, В. Яковенко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
covach@i.ua

У попередніх роботах [1, 2] ми повідомляли про розробку та виготовлення приставки магнетронного розпорошення до вакуумної установки ВУП-5, що дозволяє отримувати плівки окислів металів методом реактивного магнетронного розпорошення.

Склад плівок, що отримується методом реактивного магнетронного розпорошення залежіть від струму магнетрона, температури підкладки та тиску робочого газу. Робочій газ являє суміші реактивного та інертного газів. Оскільки плазма не може існувати при високому вакуумі (10^{-5} мм.рт.ст.) осадження плівок відбувається при 10^{-1} - 10^{-3} мм.рт.ст. Контроль тиску суміші газів відбувається за допомогою перетворювача манометричного термопарного ПМТ-2, що під'єднано до робочого об'єму установки ВУП-5. Для точного відстеження зміни тиску у робочому об'ємі під час осадження плівок методом реактивного магнетронного розпилення нами замість стрілочного індикатора розроблено систему виміру за допомогою цифрового вольтметра. Оскільки з часом термоелектрична сила ПМТ-2 зменшується необхідно регулярно проводити її нормалізацію, змінюючи струм нитки розжарення. Однак форма кривої залежності тиску від термоелектричної сили не змінюється під час старіння вакуумного датчика. Тому нами було проведено апроксимацію цієї залежності. Перед кожним осадженням плівок відбувається вимір термоелектричної сили датчика ПМТ-2 у робочому об'ємі при високому вакуумі, потім відбувається нормалізація апроксимованого графіка до цього значення термоелектричної сили, після чого проводиться перерахунок значень тиску під час контролю тиску.

[1] Часовский К.В., Березкин Д.Л. Система смешивания газов для получения пленок оксидов реактивным магнетронным распылением. XVII международная научно-практическая конференция «Совлеменные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2016) Сборник материалов, (Одеса, 23-27 мая 2016). Одеса: Издательство «Політехперіодіка». С.178-179.
[2] Часовский К.В. Система реактивного магнетронного распыления для получения пленок металлов и оксидов. XVI международная научно-практическая конференция «Совлеменные информационные и электронные технологии» (СИЭТ-2015). Сборник материалов, (Одеса, 23-27 мая 2015). Одеса: Издательство «Політехперіодіка». С. 172-173.

PAINTED TO CONTROL THE PRESSURE OF GAS AT WORK TIME PRECIPITATED BY MEANS OF REACTIVE MAGNETRON SPATTERING

K. Chasovsky, V. Yakovenko
Oles Honchar Dnipro National University
covach@i.ua

The measurement system was developed using a digital voltmeter. It was y approximation of pressure dependence on thermoelectric force. This dependence is normalized before each deposition of films.

АНАЛІТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СПЕКТРУ АКУСТИЧНИХ ФОНОНІВ У НАНОПЛІВКАХ GaN ТА AlN

Ю. Луцюк, В. Крамар
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
v.kramar@chnu.edu.ua

Стрімкий розвиток і удосконалення технологій одержання низьковимірних кристалічних наноструктур та перспективи їх використання для створення новітніх пристроїв електроніки, оптоелектроніки, фотоніки і систем телекомунікації стимулює дослідження властивостей таких систем.

Електричні й оптичні властивості кристалічних наноструктур визначаються особливостями будови енергетичних спектрів їх електронної та фононної підсистем, а також ефективністю взаємодії між ними. Зокрема, взаємодія електронів з оптичними поляризаційними фононами у квазідвовимірних наногетероструктурах (наноплівках, НП) суттєво перенормовує їх енергетичний спектр, що може бути причиною температурних змін оптичних спектрів таких структур [1, 2]. Поряд з тим, теоретичні дослідження ролі акустичних фононів у формуванні енергетичних та оптичних спектрів НП практично відсутні. Це пов'язане зі складностями обчислень функцій електрон-фононного зв'язку та виразів, до складу яких вони входять. Для їх встановлення необхідно мати явний вигляд закону дисперсії та компонент вектора зміщень кожної гілки акустичних коливань у широкому діапазоні довжин хвиль. У відомих роботах авторів [3] розрахунок частотного спектра у НП виконувався чисельними методами, що не дає змоги встановити аналітичні вирази для функцій електрон-фононного зв'язку.

Завдання нашого дослідження полягало у створенні математичного апарату для аналітичного розрахунку законів дисперсії акустичних фононів у НП з метою подальшого їх використання для вивчення впливу акустичних гілок фононного спектра на електричні та оптичні властивості таких структур. Для цього нами використана викладена у [3] методика розрахунку спектрів акустичних фононів у квазідвовимірних гексагональних наногетероструктурах, яка ґрунтується на рівняннях пружних коливань в анізотропному середовищі. Відмінність нашого підходу до пошуку розв'язку рівняння руху полягає в тому, що шукані компоненти вектора зміщень, як функції координат вздовж напрямку зростання НП, подавалася у вигляді ряду Фур'є. Підстановка такої функції у рівняння руху приводить до секулярних рівнянь, з умови існування розв'язку яких встановлюються закони дисперсії усіх гілок спектра акустичних фононів у явному аналітичному вигляді.

Зокрема, для активних щодо електрон-фононної взаємодії мод дилатаційних коливань (SA) та хвиль згину (AS) отримані закономірності мають вигляд:

$$\omega_n^{SA}(k) = \sqrt{\frac{F_1(k,n) + \sqrt{F_2(k,n)}}{2\rho}}, \qquad \omega_n^{AS}(k) = \sqrt{\frac{F_1(k,n) - \sqrt{F_2(k,n)}}{2\rho}},$$

де

$$F_1(k,n) = (C_{11} + C_{44})k^2 + (\frac{\pi n}{d})^2 (C_{33} + C_{44})$$

і

$$F_2(k,n) = (C_{11} - C_{44})^2 k^4 + 2(\frac{\pi}{d})^2 [2(C_{13} + C_{44})^2 - (C_{11} - C_{44})(C_{33} - C_{44})] n^2 k^2 + (\frac{\pi}{d})^4 (C_{33} - C_{44})^2 n^4$$

– допоміжні функції, k – величина хвильового вектора, ω_n – частота n-го коливного стану, C_{ij} і ρ – пружні константи та, відповідно, густина матеріалу НП, d – її товщина. Результати розрахунків, виконаних на прикладі НП GaN і AlN, для порівняння з результатами, наведеними у роботі [3], збігаються з ними, що свідчить про спроможність запропонованого нами методу аналітичного дослідження фононних спектрів плоских квазідвовимірних кристалічних наноструктур.

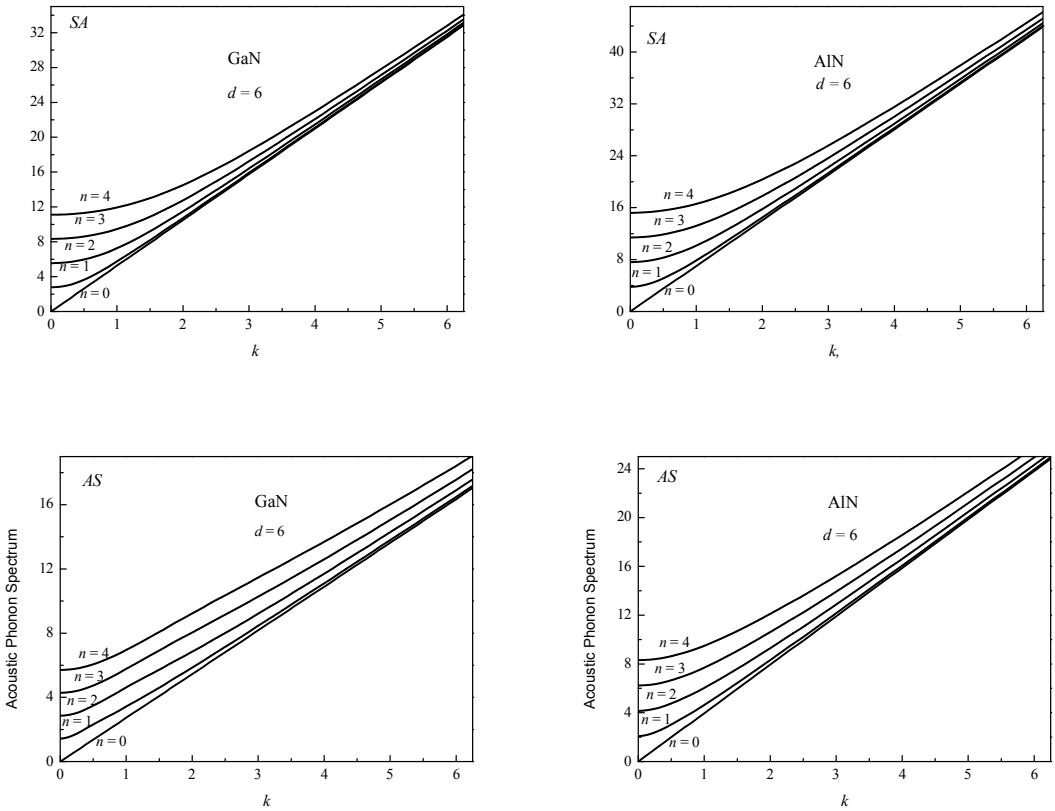


Рис. 1. Спектр акустичних фононів SA- (вгорі) та AS-поляризації (знизу) у НП GaN (зліва) і AlN (справа) товщиною d = 6 нм

[1] Ткач М.В., Крамар В.М. Електрон-фононна взаємодія і механізми перенормування електронного енергетичного спектра плоскої наноплівки. Укр. фіз. журн. Т. 53. (2008). С. 812-820.

[2] Kondryuk D.V., Derevyanchuk A.V., Kramar V.M. Temperature transformations of optical spectra in semiconductor flat heterostructures with quantum wells. Appl. Opt. Vol. 55. (2016). P. B49-B55.

[3] Pokatilov E.P., Nika D.L., Balandin A.A. Phonon spectrum and group velocities in AlN/GaN/AlN and related heterostructures. Superlattices and Microstructures. Vol. 33. (2003). P. 155-171.

ANALITICAL CALCULATION OF THE ACOUSTIC PHONONS SPECTRUM IN THE GaN AND AlN NANOFILMS

Yu. Lutsyuk, V. Kramar

Yuriy Fed'kovych National University of Chernivtsi

v.kramar@chnu.edu.ua

Results of theoretically investigation of the dilatation and flexural modes of acoustic phonons spectrum in the flat nanofilms GaN and AlN there are presented here.

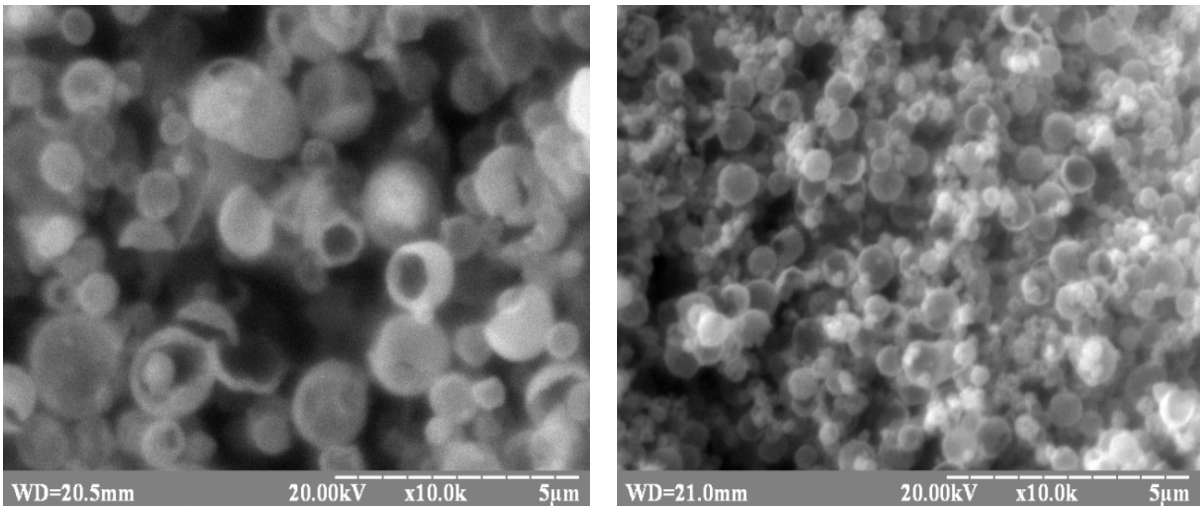
ВИКОРИСТАННЯ НАНОКРИСТАЛІВ ZNO:MN ДЛЯ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ

М. Метревелі, О. Хмеленко, В. Воровський, О. Коваленко
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
khmelenko@ukr.net

Серед широкого ряду оксидів металів, як матеріал для газових сенсорів значний інтерес являє оксид цинку (ZnO) [1]. Однак чутливість матеріалів на основі ZnO, особливо до хімічно стабільних газів (CH_4, H_2, CO та інш.), є досить низькою (за кімнатних температур). Для збільшення чутливості застосовують підігрів активного елементу сенсору до температур порядку 400˚C, що є недоліком. Таким чином, зменшення температури максимальної чутливості активного елементу є актуальним [2].

Метою дослідження було зменшення температури чутливого елементу шляхом зменшення розмірів кристалітів та додатковим легуванням металами перехідної групи, наприклад – марганцем. Іони Mn^{2+} є донорною домішкою, що призводить до збільшенню концентрації вільних носіїв заряду. Все це дає можливість використовувати нанопорошки ZnO:Mn в якості чутливих елементів газових сенсорів резистивного типу [3].

В роботі наведені результати досліджень синтезованих методом піролізу аерозолю зразків нанопорошків ZnO та ZnO:Mn з концентрацією іонів Mn^{2+} близько 2 ат.%. Для синтезу використовували водні розчини $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ та $Mn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Синтез проводили в кварцовому реакторі вертикального типу при температурі близько 550˚C. Диспергування вихідних розчинів відбувалося за допомогою ультразвукових коливань, джерелом яких виступав керамічний п’єзоелектричний випромінювач. В якості газа-носія застосовували повітря. Для порівняння газочутливості активних елементів з різною дисперсністю концентрація вихідних розчинів нітратів цинку складала 0,3 моль та 0,03 моль. На рис. 1 приведені електронні фотографії гранул, отриманих з розчинів нітрату цинку 0,3 моль та 0,03 моль.



а б

Рис. 1. Зовнішній вигляд НК ZnO:Mn для концентрації вихідного розчину: а – 0,3 моль, б- 0,03 моль.

З приведених рисунків видно, що синтезовані гранули нанопорошків мають сферичну форму. Мінімальний діаметр сферичної частинки для 0,3 моль сягає 1-2 мкм,

а для 0,03 моль – 0,3-0,6 мкм. Частинки мають отвори та порожні в середині. Рентгено - фазовий аналіз показав зменшення розмірів окремих нанокристалів (НК) в отриманих зразків з 38 ± 5 нм до 18 ± 5 нм. Зменшення розміру НК приводить до підвищення активності їх поверхні, що обумовлює підвищення чутливості та зменшення робочої температури активного елементу сенсорів.

[1] Shibata T., Unno K., Makino E., Ito Y., Shimada S. Characterization of sputtered ZnO thin film as sensor and actuator for diamond AFM probe // Sensors and actuators A. 2002. Vol. 102. P. 106 – 113.
[2] V. Kobrinsky, E. Fradkin, V. Lumelsky, A. Rothchild, Y. Komem, Y. Lifshitz. Tunable gas sensing properties of p- and n-doped ZnO thin films // Sensors and actuators B. 2010. Vol. 148. P. 379 – 387.
[3] Буланый М.Ф., ВоровскийВ.Ю., Коваленко А.В., Хмеленко О.В. Синтез нанопорошков ZnO и ZnO:Mn методом ультразвукового пиролиза аэрозоля // Журнал нано- та електронної фізики, т.8. №2. (2016). с. 02043-02048.

USE OF ZnO:Mn NANOCRYSTALS FOR GAS SENSORS

M. Metreveli, O. Khmelenko, V. Vorovsky A. Kovalenko
Oles Honchar Dnipro National University
khmelenko@ukr.net

The paper shows the possibility of synthesis by spray pyrolysis nanocrystals (NC) ZnO:Mn, which can be used as a gas sensitive resistive sensor elements gas type. Reducing the size of the NC reached decrease in the concentration of zinc nitrate of 0.3 M to 0.03 M and mixed with manganese nitrate source solution

Increased dispersion and impurity manganese NC ZnO:Mn can increase the sensitivity of the sensor element and working to reduce its operating temperature.

ВПЛИВ ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДІОДІВ ШОТТКІ

Р. Лис, Д. Слободзян, Б. Павлик, М. Кушлик
Львівський національний університет імені Івана Франка
lys_r@ukr.net

Одним із завдань сучасної мікроелектроніки є створення надійних елементів, які могли б ефективно працювати в екстремальних умовах – у широкому діапазоні температур, під впливом радіації, магнітного поля, тощо. Так, при використанні магніто-резонансних методів дослідження напівпровідникових структур, виникла потреба у достовірності отриманої інформації, тобто впевненість у відсутності впливу зондуючого поля на процеси в досліджуваних об’єктах. В результаті цього збільшилося число досліджень присвячених впливу постійного магнітного поля на властивості діамагнітних матеріалів.

Енергія взаємодії кристалів кремнію із слабким постійним магнітним полем ($B < 1$ *Тл*) є дуже малою. Отже, для кращого дослідження впливу магнітного поля на електрофізичні властивості кристалів Si потрібно забезпечити дію поля протягом дуже

тривалого часу. Сьогодні відомі фізичні принципи, згідно з якими під впливом магнітного поля відбувається спінова конверсія в нанокластерах (комплексах точкових дефектів). Наслідком спінової конверсії є послаблення та розпад хімічних зв'язків у нанокристалах точкових дефектів, які властиві наноструктурі реальних кристалів кремнію.

Варто зазначити, що відсотковий вміст досліджень магнітозалежних явищ у кристалах кремнію, у порівнянні із іншими слабомагнітними матеріалами, є невелкий. Проте перспективність використання кремнію в приладах сучасної електроніки стимулює наукові пошуки, спрямовані на всебічні дослідження фізичних характеристик, зокрема електрофізичних характеристик.

Метою роботи було зробити оцінку еволюції дефектів приповерхневого шару кристалів Si *p*-типу (КДБ-24 – призначеного для сонячної енергетики, КДБ-10 – для радіоелектроніки) на основі зміни електрофізичних характеристик діодів Шотткі (ДШ) Bi-Si-Al під дією магнітного поля (МП).

Виготовлення ДШ відбувалося шляхом вакуумного розпилення Al (омічний контакт) та Bi (бар'єрний контакт) на поверхню кремнію (111) у ВУП-5М, при тиску залишкових газів 10^{-5} *Па*. Магнітна обробка зразків відбувалася шляхом витримки ДШ у постійному магнітному полі з індукцією $B = 0.17$ *Тл*.

Магнітне оброблення немагнітних кристалів (в тім числі і кремнію) призводить до декількох ефектів, зокрема, до збільшення швидкості руху дислокацій; структурної перебудови; до активації поверхні та до посилення перебігу процесів адсорбції та ґетерування.

Показано, що в основі магніто-стимульованих ефектів є розпад дефектів, зумовлений процесом спінової переорієнтації їхніх компонент в постійному магнітному полі. До таких дефектів можна віднести водневомісткі та кисневомісткі комплекси (Si–O–Si, Si–Si, Si–H_2, Si–C, O–Si–O, Si–O–C, Si–CH_3, H–OH, H_2O, Si–OH). У результаті їхнього розпаду утворений водень може мігрувати в полях пружних напружень приповерхневого шару, пасивуючи акцепторні зв'язки (рис.1). Як наслідок – відповідні зміни електрофізичних характеристик ДШ.

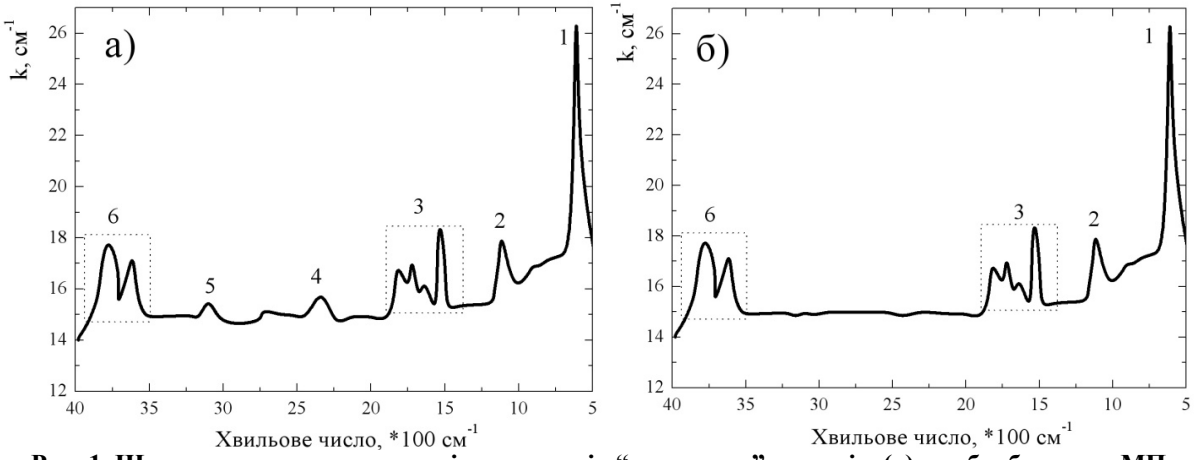


Рис. 1. ІЧ спектри поглинання вихідних зразків "сонячного" кремнію (а) та оброблених в МП тривалістю 288 год (б): 1 – 620 *см*$^{-1}$ – деформаційна мода Si-H_2 (молекули води, що є у повітрі); 2 - 1100 *см*$^{-1}$ – валентні коливання Si-O-Si (окислена поверхня); 3 – 1450-1760 *см*$^{-1}$ – деформаційна мода C-CH_3; 4 – 2350-2400 *см*$^{-1}$ – коливання O_3-Si-H; 5 – 3400 *см*$^{-1}$ – коливання Si-O-H; 6 – 3550-3900 *см*$^{-1}$ – коливання OH зв'язків

Виявилось, структури на основі "сонячного" кремнію є більш чутливими до дії слабкого магнітного поля порівняно з "радіоелектронним", що пов'язано з наявністю більшої концентрації неконтрольованих домішок, та більшою імовірністю розпаду зв'язків Si-B.

INFLUENCE OF A CONSTANT MAGNETIC FIELD ON THE CHARACTERISTICS OF SCHOTTKY DIODES

R. Lys, D. Slobodzyan, B. Pavlyk, M. Kushlyk
Ivan Franko National University of Lviv
lys_r@ukr.net

It has been investigated the effect of a constant magnetic field (B = 0.17 T) on the properties of Schottky diodes based on p-Si crystals. It turned out that the structures based on a "solar" silicon are more susceptible to the action of a weak magnetic field compared to the "radio-electronic", due to the presence of a greater concentration of the uncontrolled impurities, and a greater likelihood of disintegration of Si-B bonds.

It is shown that the basis of magneto-stimulated effects is the decay of the defects due to the spin-reorientation process of their components in a constant magnetic field. These defects include hydrogen-containing and oxygen-containing complexes (Si-O-Si, Si-Si, Si-H_2, Si-C, O-Si-O, Si-O-C, Si-CH_3, H-OH, H_2O, Si-OH). As a result of their disintegration, the hydrogen can migrate in the fields of elastic stresses of the near-surface layer by accepting acceptor bonds.

MOBILE SYSTEM FOR MEASURING THE COLOR CHARACTERISTICS OF OBJECTS

E. Berns, N. Tamarov, Y. Kolesnyk, M. Motsnyj, D. Chernetchenko
Oles Honchar Dnipro National University
kef.dnu@gmail.com

Illumination parameters of light are very important aspect for human life, because the perception of the world for human sight is connected with light. Efficient lighting of premises and workplaces is one of the most important elements of a favorable working environment. Human productivity increases, safety conditions improve, fatigue decreases, with proper lighting. Consequently, high-quality lighting of industrial enterprises is essential for ensuring normal working conditions: it improves the conditions of visual work, reduces fatigue, increases safety, and promotes productivity [1,2]. Color sensors are used for color measurements, control and color management in industrial automation, household appliances, textile industry, LED lighting, color variation in portable medical equipment and diagnostic equipment. Therefore, creating of a color analyzer using modern sensors and processing results on a mobile device is an urgent task. Color distinction is the ability of the human visual organ to distinguish the radiation of waves of one length from another. Exceptional is the ability of a person in such a small range of wavelengths to distinguish between an incredibly large number of colors and shades (approximately 10 million). It is clear that only a small part of them got the names. There are various color models (CMYK, HSB, LAB), but for generating color light most often use an RGB model that corresponds to anatomy of the human body.

Spectrophotometers, which contain elements of the spectrum decomposition into constituents (differential lattices or glass prisms), are used to study the color characteristics.

Such devices are quite complex in operation. Therefore, color sensors based on photo sensor sensors with calibrated filters are developed, which allow the creation of compact and easy-to-use color measurement devices, and, in combination with modern microcontrollers and radio communication units, also allow remote measurements to be transmitted in real time.

The purpose of the work was to create a mobile device for measuring the color characteristics of both light sources and other objects with white light.

The sensor information is read by the microcontroller and transmitted to the mobile device (smartphone or tablet) for processing, visualization and storage via the radio communication module [3]. The developed device consists of two parts: a measurement module and a mobile computer with an operating system Android.

Sensitive element of this device is the color sensor TCS230, which contains four photodiodes. Three photodiodes are closed with colored filters to allocate the appropriate spectral zones, the fourth non-filter photodiode is designed to measure the integral illumination. In addition, the sensor has four white LEDs to determine the color characteristics of non-glare objects. One modification of the sensor provides external control of the LEDs, in another such control is absent

The sensor has a built-in digital interface, which greatly decrease the noises level and simplifies connection to microcontrollers. The intensity of the illumination is encoded by the frequency of the output pulses. The color filters allow to separate light streams in the corresponding spectral zones, and data on the general illumination allow to define the normalized characteristics.

To obtain the primary data from the sensor, the AVR ATmega328a microcontroller, to which the communication module NS-06 is also connected, is used. To program the microcontroller, the Arduino Integrated Development Environment (IDE) has been used, with specialized TCS230 sensor libraries added. Polls of all the photodiodes are performed cyclically, and then the data is transmitted through the radio channel to the mobile device. Working at 2.4 GHz, the module allows you to connect within 10 meters.

To develop applications running on mobile devices, IDE Android Studio is used for the Android platform. The environment is based on the JetBrains IntelliJ IDEA Community Edition software environment.

Experiments were conducted to determine the color temperatures of various types of energy efficient lighting lamps. To do this, the instrument was calibrated using standard lamps manufactured by famous world manufacturers. The calculated normalized coefficients are the ratio of the signal from the filter sensor to the illumination signal (without a filter) and the linear interpolation of the received data is performed.

Measurements were made for 11 samples of energy-efficient lamps of different color temperature and power. Accuracy tests for different types of light were obtain. As a result. error percentage was - 5.2 % for cold light case, 6.3 % for daytime light and 6.2 % for warm light respectively. The results of experiments showed that the developed device and the technique allow to measure the color temperature of different light sources with sufficient accuracy.

The obtained results confirmed the efficiency of the distributed system of information, control and transmission of diagnostic information and the possibility of its use in premises for monitoring changes in lighting and color temperature. It should be noted that in the developed device can be used other types of color sensors, which are issued by different firms. In this case, you only need to replace the software module of the sensor connection with the microcontroller, while other hardware and software solutions are saved. Use to handle the results of a powerful computing mobile device on the Android operating system allows you to significantly expand the capabilities of the device for visualization, storage and transmission of received information, including in real time.

[1] Франсон М. Оптика спектрів [Текст] / М. Франсон. – М.: Мир, 1980. – 146 с.
[2] Хорунжий М. Д. Метод количественной оценки цветовых различий при восприятии цифровых изображений [Текст] / М. Д. Хорунжий// Вестник НГУ. Инфромационные технологии. – 2008. – № 1. – С. 81-88.
[3] Панкрашкин А. Определение и измерение цвета на примере датчиков цвета Avago Technologies [Текст] /А. Панкрашкин // Компоненты и технологии. – 2007. – № 66. – С. 74-77.

ВПЛИВ ОСВІТЛЕННЯ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ МОЛИБДАТА СВИНЦЮ

Г. Усов, С. Пляка
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
uslepwel@gmail.com

Було приведено дослідження кристала молібдата свинцю $PbMoO_4$, що відноситься до групи кристалів зі структурою мінералу шеелита ($CaWO_4$). Кристал має тетрагональну симметрію і має жовтий колір або ж зовсім не має кольору. Молібдат свинцю дуже схожий на інший, широко використовуваний в техніці і та інтенсивно досліджуваний кристал зі структурою шеелита - Вольфромат свинцю $PbWO_4$.

У структурі $PbMoO_4$ є іони свинцю Pb^{2+} і тетраедричних іонні комплекси $(MoO_4)^{2-}$Сили зв'язку в кристалі здебільшого іонні. Однак, при дослідженні форми зростаючого кристала $PbMoO_4$ з розплаву, є підстави стверджувати, що вже на етапі освітленя кристала під час кристалізації між структурними елементами може має місце взаємодія, що відрізняється від чисто електростатичного (іонного). При опроміненні світлом з довжиною хвилі 420nm [1] електрони в монокристалі $PbMoO_4$ захоплюються комплексами $(MoO4)^{-2}$. Це, в свою чергу, може призвести як до збільшення провідності кристала при опроміненні світлом, так і зміни діелектричної проникності.

За допомогою імпедансметра ВМ 507 були зняті залежності модуля комплексного опору Z і зсуву фаз φ від частоти. На основі цих даних були побудовані графіки в кординат Найквіста для комлексного опору (іпеданса) $Z' - Z''$ і комплексної провідності (адміттанса) $Y' - Y''$. Крім того виміри проводилися в діапазоні температур від комнотной до 150-200 °С з кроком 25 вище 100°С. Перед вимірами кристал висвітлювався світлом в площину з електродами. Були побудовані годографи для випадку з денним, інфрачервоним, ультрафіолетовим, та видимим діапазоном світла, крім того була знята контрольна залежність без попереднього опромінення кристала. Варто зазначити що після кожної серії експерементів кристал прогрівався протягом декількох годин при температурі 400°С. Це давало можливість отримувати відтворюєми результати досліджень.

Отримані результати свідчать про те що освітлення світлом призводить до помітного збільшення провідності, яка залишається в кристалі давольно таки тривалий час, точних даних про час релаксації отримано не було, але можна з впевненістю говорити про те що мова йде як мінімум про дні. Найсильніше провідність збільшується при опроміненні ультрафіолетовим випромінюванням і майже не реагує на інфрачервоний діапазон.

При нагріванні зразків до 150-175 градусів провідність різко зменшується і практично не відрізняється від темновой (без попереднього освітлення) провідності, що може свідчити про тэ, що має місце явище фотоіндукованої провідність, що пов'язано з якимись станами, які руйнуються при досягненні певної температури. Також є підстави вважати, що має місце фотодіелектричний ефект (зміни діелектричної проникності після випромінювання).

[1] Buryi M., Laguta V., Fasoli M., Moretti F., Trubitsyn M., Volnianskii M., Vedda A., Nikl M. Electron self-trapped at molybdenum complex in lead molybdate: An EPR and TSL comparative study. Journal of Luminescence. Vol. 192. (2017). P. 762-774.

EFFECT OF LIGHTING ON THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF LEAD MOLYBDATE

H. Usov, S. Plyaka
Oles Honchar Dnipro National University
uslepwel@gmail.com

Lead Molybdate crystals were investigated using the method of impedance spectroscopy to determine the effect of illumination on conductivity at temperatures from 20 to 250°C. As a result, it turned out that the illumination of the crystal in the ultraviolet range leads to an increase in conductivity, which persists for a long time after the cessation of illumination. After the crystal has been heated to temperatures in arena near 160°C, the conductivity delivers and no longer differs about the conductivity of the crystal before illumination.

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ КЕРАМІЧНИХ ТЕРМОРЕЗИСТОРІВ НА ОСНОВІ ДИОКСИДУ ВАНАДІЯ

Д. Кулік, В. Колбунов
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
kulik.dmitriy94@gmail.com

Керамічні матеріали на основі діоксиду ванадію (VO_2) в області фазового переходу метал-напівпровідник (ФПМН) мають стрибок опору (2-3 порядку) і виявляють порогове перемикання при деякій напрузі [1]. Це дозволяє створювати елементи, відомі як критичні терморезистори, що поєднують властивості терморезистора з негативним температурним коефіцієнтом опору і термічного реле. Такі критичні терморезистори можуть використовуватися для захисту безтрансформаторних джерел живлення від струму вмикання, а також у колах захисту електронних вузлів, наприклад, процесора комп'ютера від перегріву [2]. Перспективними для такого використання є керамічні матеріали системи VO_2 – V_2O_5 – P_2O_5 – Cu_2O – SnO_2. Ця робота присвячена дослідженню впливу складу кераміки на її електричні характеристики, на сам перед температурні залежності опору матеріалу.

Електричні властивості терморезисторів на основі діоксиду ванадію насамперед пов'язані із стрибкоподібної зміною величини опору при температурі ФПМН у VO_2. Як можна бачити з температурних залежностей питомої електропровідності σ (рис. 1), в кераміке складу $85VO_2$–15(ванадієво-фосфатне скло) (криві 3, 6) різке збільшення σ в області температури ФПМН T_t ~ 341 K може бути відсутнім. У цьому випадку спостерігається різке зменшення σ (рис. 1, крива 6). Таку поведінку можна зрозуміти, якщо взяти до уваги значення питомих електропровідностей компонентів VO_2 і ВФС та особливостей мікроструктури кераміки системи VO_2-V_2O_5-P_2O_5.

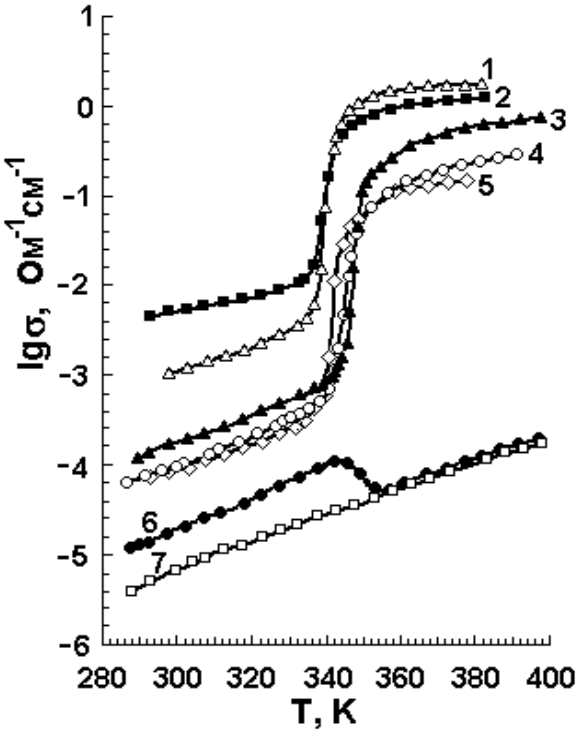


Рис. 1. Температурні залежності питомого опору ВФС (7) и керамічних терморезисторів складу, ваг.%: $40VO_2$–15ВФС–$35SnO_2$–$10Cu_2O$ (1); $40VO_2$–15ВФС–$37SnO_2$–$8Cu_2O$ (2); $85VO_2$–15ВФС (3,6); $40VO_2$–15ВФС–$45SnO_2$ (4); $40VO_2$–15ВФС–$39SnO_2$–$6Cu_2O$ (5)

Ванадієво-фосфатне скло покриває поверхню кристалітів, утворюючи прошарки між ними. Питома електропровідність σ VO_2 при температурі ~ 290 K становить ~ 10^{-2} $Ом^{-1}$ $см^{-1}$, тоді як σ ВФС більш ніж на три порядки менше (рис. 1, крива 7). Тому прошарки ВФС ізолюють кристаліти VO_2 один від другого і дають основний внесок в електропровідність. Для того щоб електропровідність кераміки системи VO_2-V_2O_5-P_2O_5 проявляла властивості, пов'язані з ФПМН необхідно, щоб виникало протікання по кристалітам VO_2. Це буде мати місце, якщо кристалітів VO_2 безпосередньо контактують між собою або електричний контакт між ними здійснюється через провідні зв'язки.

Добавки SnO_2 і Cu_2O істотно збільшують частку провідникових електричних зв'язків між VO_2 кристалітами за рахунок появи в складі кераміки провідникових оксидів олова і ванадію. Тому сітка, що забезпечує протікання по фазі VO_2, стає більш густою.

На температурній залежності електропровідності всіх складів кераміки з добавками Cu_2O (рис. 1) спостерігається стрибок σ, який свідчить про наявність протікання по фазі VO_2. З ростом вмісту Cu_2O електропровідність кераміки системи VO_2-V_2O_5-P_2O_5-SnO_2-Cu_2O збільшується, як вище, так і нижче температури T_t. Це можна пов'язати зі збільшенням кількості провідних зв'язків між кристалітами VO_2 з ростом вмісту добавки закису міді.

[1] A.I. Ivon, V.R. Kolbunov, I.M. Chernenko. Voltage-current characteristics of vanadium dioxide based ceramics. J. Eur. Ceram. Soc. V.23. (2003). P. 2113-2118.
[2] Ивон А.И., Кузьменко Е.Н. Использование критических терморезисторов для защиты процессора от перегрева. Системні технології. В. 2, № 49. (2007). С. 2532-2538.

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF CERAMIC THERMORESYSTORES BASED ON DIOXIDE VANADIUM

D. Kulik, V. Kolbunov
Oles Honchar Dnipro National University
kulik.dmitriy94@gmail.com

In this work, the electrical characteristics of the thermoresistive ceramics material of the VO_2–VPG–SnO_2–Cu_2O system are investigated. The main feature of these characteristics is a discontinuous change in the value of the electrical conductivity of the material by 1.5–2 orders in the temperature range of the PTMS in vanadium dioxide. For this, it is necessary to provide electrical connections between the VO_2 crystallites. The addition of Cu_2O provides such bonds and, as a consequence, an increase in the electrical conductivity of the material.

The authors suggested that SnO_2 and Cu_2O additives significantly increase the proportion of conductive electrical bonds between VO2 crystallites due to the appearance of conductive tin and vanadium oxides in ceramics. Therefore, the grid providing the flow through the VO2 phase becomes thicker. With an increase in the Cu_2O content, the electrical conductivity of the VO_2-VPG-SnO_2-Cu_2O ceramics of the system increases, both above and below the temperature of the PTMS. This can be attributed to an increase in the number of conductive bonds between the VO_2 crystallites with an increase in the content of copper oxide.

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ КРИСТАЛІВ ВАНАДАТУ ВІСМУТА ЛЕГОВАНИХ ІОНАМИ ФОСФОРУ

С. Пляка, С. Кулєш
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
serjik6969@gmail.com

В сучасному світі технологій кристал ванадату вісмуту ($BiVO_4$) застосовують в багатьох галузях. Наприклад в металургії, у вимірюванні магнітних полей, в електроніці, у виготовлення косметичних засобів. Для більш широкого практичного застосування кристалів необхідно знати вплив домішок на електропровідность цих матеріалів. Як показав огляд літератури провідність легованих кристалів ванадату вісмуту вивчено недостатньо.

В даній роботі проведені дослідження електропровідності кристалів BiVO4 (Nb5%) та $BiVO_4$ (P 3%) методом імпедансної спектроскопії. Використовувались зразки монокристалів, отриманих на кафедрі фізики твердого тіла та оптоелектроніки методом Чохральского. З кристалів отримували плоскопараллельні пластини товщиною 1мм. На протилежні грані зразків наносились платинові електроди. Дослідження проводились за стандартною методикою з використанням імпеданс метра TESLA Impedance meter bm 507 в широкому інтервалі частот (10Гц – 150кГц) та діапазоні температур 548К – 673К.

Будувались залежності годографів імпедансу Z’ – Z’’. На спектрах імпедансу можна виділити дві ділянки: в області високих частот (f>1кГц), для всіх досліджених зразків, спостерігаються дуга півкола; в області частот f < 1кГц для кристалів BiVO4

(Nb5%) спостерігається пряма з нахилом 0.4, в той же час в BiVO4 (P3%) вона відсутня. Наявність проміня може бути пов'язано з накопиченням заряду в приконтактних областях зразків. Наявність півкола на годографах дає можливість поставити в еквівалент кристалу паралельно з'єднані ємність та опір і може вказувати на стрибковий характер носіїв заряду по локалізованих станах забороненої зони. За точкою перетину півкола з віссю Z' було визначено електропровідність на постійному струмі. Встановлено, що введення домішок ніобію та фосфору збільшую електропровідність ванадату вісмуту на порядок величини по відношенню до номінально чистого кристалу. При збільшені температури електропровідність експоненціально збільшується, при цьому енергія активації легованих зразків меньша, ніж у чистого матеріалу.

[1] Стойнов З.Б., Графов Б.М., Елкин В.В. Электрохимический импеданс. Москва: Наука. (1991). 211 с.
[2] Gabrielli C.Use and application of electrochemical impedance techniques. Farnborough. (1990). 250 c.
[3] Impedance spectroscopy / Ed. J.R. Macdonald. New York.: Wiley, (1988). 256 p.
[4] Свешников А.Г., Тихонов А.Н. Теория функций компексной переменной. Москва: Наука. (1987). 159 с.

THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF CRYSTALS OF BISMUTH VANADATE DOPED WITH PHOSPHORUS IONS

S. Plyaka, S. Kulesh
Oles Honchar Dnipro National University
serjik6969@gmail.com

In the modern world of technology crystal Vanadate bismuth ($BiVO_4$) is used in many industries. For example, in metallurgy, in the measurement of magnetic fields, in electronics, in the manufacture of cosmetics. For a wider practical application of crystals, it is necessary to know the influence of impurities on the electrical conductivity of these materials. As the literature review showed, the conductivity of bismuth Vanadate doped crystals has not been sufficiently studied.

In this paper, the electrical conductivity of $BiVO_4$ (Nb 5%) and $BiVO_4$ (P 3%) crystals was studied by impedance spectroscopy. Samples of single crystals obtained at the Department of solid state physics and optoelectronics by the Czochralski method were used. Crystals were obtained plane-parallel plate of thickness 1 mm. On the opposite face of the samples was applied to platinum electrodes. The studies were carried out according to the standard method using the impedance meter TESLA Impedance meter bm 507 in a wide frequency range (10Hz – 150kHz) and the temperature range 548K – 673K.

Built based on the hodographs of the impedance Z' – Z''. On the impedance spectra two sections can be distinguished: in the high frequency region (f>1kHz), for all the studied samples, a semicircle arc is observed; in the frequency region f < 1kHz for $BiVO_4$ crystals (Nb 5%), a straight line with a slope of 0.4 is observed, while in $BiVO_4$ (P 3%) it is absent. The presence of the beam may be due to charge accumulation in the contact areas of the samples. The presence of a semicircle on the hodographs makes it possible to put in the equivalent of a crystal in parallel the connected capacitance and resistance and can indicate the hopping nature of charge carriers by localized States in the forbidden zone. For the point

of intersection of the semicircle with the axis Z' was determined by the conductivity at a constant current. It was found that the introduction of impurities of niobium and phosphorus increases the electrical conductivity of bismuth vanadate by an order of magnitude with respect to the nominally pure crystal. As the temperature increases, the electrical conductivity increases exponentially, and the activation energy of the doped samples is less than that of the pure material.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ PP–VO_2–Cu

Д. Гринь, В. Колбунов
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
green123@ukr.net

Полімерні композити (ПК) з наповнювачем на основі матеріалів з фазовим переходом метал-напівпровідник (ФПМН) представляються перспективними для створення приладів захисту електронних пристроїв, зокрема, самовідновлюючихся запобіжників з розширеними функціональними можливостями. З їх допомогою крім захисту від струмових перевантажень і високих температур може реалізуватися і відключення живлячої напруги при низьких температурах [1]. Важливим при розробці таких композитів є вивчення їх електрофізичних властивостей.

Метою цієї роботи є дослідження впливу добавки міді на характер електропровідності полімерного композитного матеріалу системи поліпропілен–діоксид ванадію–мідь (PP–VO_2–Cu).

На рис. 1 наведені температурні залежності опору зразків ПК без міді (крива 1) та з добавкою 2 об.% (крива 2) і 5 об.% міді (крива 3). Попередні дослідження композитів поліпропілен–VO_2 [2] показали, що цей матеріал є типовою перколяційною структурою. Поріг протікання для неї знаходиться в межах 0,35-0,4 об.% вмісту діоксиду ванадію. При більш нижчих добавках VO_2 характер електропровідності матеріалу визначається процесом розширення полімерної матриці і, як наслідок, значним зростанням величини опору ПК. При вмісті діоксиду ванадію вище перколяційного порога особливості електропровідності композиту пов'язані з стрибкоподібною зміною величини опору VO_2 при температурі ФПМН ($T_f \approx 68\ ^0C$).

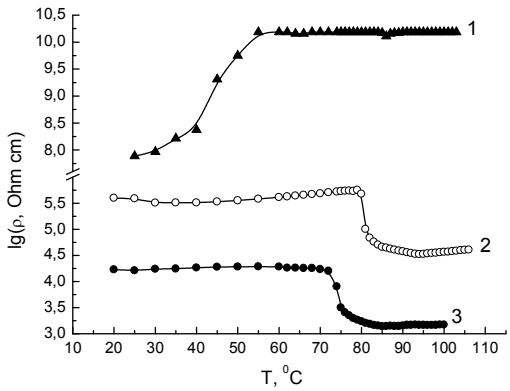


Рис. 1.

Добавка міді у композит, що досліджувався у цей роботі, була введена з метою значного покращення електричних контактів між кристалітами діоксиду ванадію, а також задля загального зменшення величини опору матеріалу.

На кривій 2 рис. 1 при зростанні температури від кімнатної до T_t наблюдається незначний ріст опору ПК, що пов'язаний з розширенням поліпропілену і розривом контактів між кристалітами VO_2. В області температури ФПМН у діоксиді ванадію бачимо різке зменшення опору композиту. Це говорить о том, що частинки міді побудували електричні мостики між частинками діоксиду ванадію, забезпечив протікання по ним через об'єм зразка.

На кривій 3 рис. 1 в області температур нижче T_t майже відсутні якісь особливості, а при більших температурах опір зразка композиту веде себе аналогічно кривій 2. Крім того, як і очікувалось, опір композиту зменшився більш ніж на порядок.

Таку поведінку можна пояснити тім, що збільшення вмісту міді привело к формуванню більш розвинутої мережі шляхів протікання електричного струму по фазі діоксиду ванадію. У свою чергу це призводить до збільшення площі ефективного перерізу каналу струму через зразок ПК, а відповідно і росту його елекропровідності. Крім того величина стрибка опору композиту PP–VO_2–Cu в області температури ФПМН в VO_2 значно вище ніж в композитах PP–VO_2 [2], що покращує їхні функціональні можливості в якості приладів захисту.

Таким чином, у роботі досліджено особливості характеру електропровідності полімерних композитів PP–VO_2–Cu в залежності від вмісту добавки міді. Показано, що ця добавка створює більш розвинуту мережу електричних зв'язків між кристалітами діоксиду ванадію. Це в свою чергу призводить до зростання стрибка електропровідності зразків композиту в області температури ФПМН в VO_2 та загального зменшення їхнього опору. Можна заключити, що добавка міді покращує електричні властивості композиту PP–VO_2–Cu як матеріалу для створення елементів захисту від токових і температурних перевантажень.

[1] Antonova K. V., Kolbunov V. R., Tonkoshkur A. S. Structure and properties of polymer composites based on vanadium dioxide. Journal of Polymer Research. V. 21, №. 5. (2014). P. 1-5.

[2] Гринь Д. В., Колбунов В. Р. Электропроводность композита полипропилен – диоксид ванадия. IV Всеукраїнський форум студентів, аспірантів і молодих учених. Україна, Дніпро. 27-28 квітня 2017 р. с. 217-219.

RESEARCH OF ELECTRICAL PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITES PP-VO_2-Cu

D. Hryn, V. Kolbunov
Oles Honchar Dnipro National University
green123@ukr.net

In the work the features of the electrical conductivity character of PP-VO_2-Cu polymer composites are investigated depending on the content of copper supplements. It is shown that this additive creates a more developed network of electrical connections between crystallites of vanadium dioxide. This, in turn, leads to an increase in the jump in the electrical conductivity of the composite samples in the region of the temperature of the phase transition temperature metal-semiconductor in VO_2 and the overall decrease in their resistance. It can be concluded that the copper addition improves the electrical properties of the PP-VO_2-Cu composite as a material for the creation of elements of protection against current and temperature overloads.

GROWTH TECHNOLOGY AND PHYSICAL PROPERTIES INVESTIGATIONS OF MIXED CRYSTALS IN Cu_7SiS_5I–Ag_7SiS_5I SYSTEM

M. Luchynets, V. Studenyak, A. Pogodin, M. Filep, V. Izai, O. Kokhan, I. Studenyak
Uzhhorod National University
luchynetsm@gmail.com

Назва Cu_7SiS_5I and Ag_7SiS_5I crystals belong to the family of compounds with argyrodite structure and are known as the superionic conductors [1]. Electrical and optical properties of Cu_7SiS_5I and Ag_7SiS_5I crystals were investigated in Refs. [2, 3]. In present paper we study the crystal growth process, structural parameters and diffuse reflection of Cu_7SiS_5I–Ag_7SiS_5I superionic solid solutions.

Synthesis of Cu_7SiS_5I, Ag_7SiS_5I and Cu_7SiS_5I–Ag_7SiS_5I solid solutions was performed in vacuumed (0.13 Pa) quarz ampoules. Synthesis of Cu_7SiS_5I and Ag_7SiS_5I compounds was carried out by the two-temperature method, the maximum temperature values of synthesis were 1465 K for Cu_7SiS_5I and 1229 K for Ag_7SiS_5I which were on 50 K above the melting point. Synthesis of Cu_7SiS_5I–Ag_7SiS_5I solid solutions was carried out by the direct one-temperature method from the previously synthesed Cu_7SiS_5I and Ag_7SiS_5I at the maximum temperature value of 1465 K (during 24 hours), the temperature of annealing was 573 K (72 hours).

The structural studies of Cu_7SiS_5I, Ag_7SiS_5I end-point compounds and Cu_7SiS_5I–Ag_7SiS_5I solid solutions were carried out with powder method using diffraction patterns obtained on a DRON–4-07 diffractometer (conventional θ-2θ scanning method, Bragg angle $2\theta \cong 10\text{-}60^0$, Ni-filtered CuK_α radiation). It was determined that compounds and solid solutions based on them crystallize in a $F\bar{4}3m$ cubic crystal system. The compositional dependence of the lattice parameter with Cu→Ag cationic substitution was obtained. It is shown that the increase of Ag content leads to the increase of cubic lattice parameter in Cu_7SiS_5I–Ag_7SiS_5I solid solutions. The variation of the lattice parameter with Cu→Ag cationic substitution is described by the Vegard's law with the insignificant positive deviation from the linear compositional dependence.

The diffuse reflection measurements were carried out on a LOMO MDR-3 spectrometer. The short-wavelength edge of the diffuse reflection spectra for the powders of Cu_7SiS_5I–Ag_7SiS_5I solid solutions is shown to shift towards longer wavelengths with substitution of Cu atoms by Ag. From the spectral position of the short-wavelength edge of the diffuse reflection spectra the energy gap value was estimated. It is revealed that the compositional dependence of the energy gap have shown the nonlinear behaviour.

[1] Kuhs W.F., Nitsche R., Scheunemann K. The argyrodites – a new family of the tetrahedrally close-packed structures. Mat. Res. Bull. Vol. 14. (1979). P. 241-248.
[2] Laqibi M., Cros B., Peytavin S., Ribes M. New silver superionic conductors Ag_7XY_5Z (X = Si, Ge, Sn; Y = S, Se; Z = Cl, Br, I) – synthesis and electrical properties. Solid State Ionics. Vol. 23. (1987). P. 21-26.
[3] Studenyak I.P., Kranjčec M., Bilanchuk V.V. Dziaugys A., Banys J., Orliukas A.F. Influence of cation substitution on electrical conductivity and optical absorption edge in $Cu_7(Ge_{1-x}Si_x)S_5I$ mixed crystals. SPQEO. Vol. 15. (2012). P. 227-231.

PROPERTIES OF THE COMPOSITE MATERIAL BASED ON THERMOEXPENDED GRAPHITE AND ZIRCONIUM OXIDE

S. Nedilko [1], S. Revo [1], V. Chornii [1,2], V. Boyko [1,2], V. Scherbatskii [1], M. Nedyelko [3], V. Sheludko [4]

[1]*Taras Shevchenko National University of Kyiv*
[2]*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*
[3]*Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine*
[4]*Oleksandr Dovzhenko Hlukhiv National Pedagogical University*
SNedilko@univ.kiev.ua

Sufficiently high sorption capacity for many organic substances, extremely low bulk density, high values of the specific surface, high ductility and the ability to be formed without the addition of the binder, characterize the thermoexpended graphite (TEG) as a material attractive for the creation of new composite materials on its basis.. The results of the polymer - oxide composite materials creation are known. Those composites reveal new characteristics and demonstrate the prospects for their practical use through the use of components with a different type of chemical bond (matrix and filler). The “TEG - oxide filler” composites are such, by type. Among the fillers zirconium oxide, ZrO_2, in particular, is attracting attention. (In the English literature, it is also called zirconia.) This oxide has high catalytic activity, sorption ability and still exhibits intense photoluminescence. That is, the composite TRG + ZrO_2 can be considered as optical material.

To fill the TEG matrix we used activated by the Europium, Eu^{3+}, zirconium oxide. Doping of zirconia with Eu^{3+} ions is of interest due to both luminescence behavior of the ZrO_2:Eu^{3+} compound and stabilization of the cubic/tetragonal phases of the ZrO_2 by Eu^{3+}ions, ZrO_2:Eu oxide. Three series of samples with different contents of Europium were made by cold pressing of a homogeneous TEG + ZrO_2:Eu mixture: 1 mass. % (sample marked as 1ZrO_2:Eu), 5 mass. % (5ZrO_2:Eu), and 20 mass. % (20ZrO_2:Eu).

The SEM images of the ZrO_2 powders coated with gold have been obtained at JEOL JSM 6060 LV. Triple T64000 Horiba Jobin-Yvon spectrometer equipped with quasi-confocal scanning microscope was used for the micro-Raman scattering spectra measurements. The PL studies under excitations in the UV and visible regions were carried out at 300 K temperature of the samples. The arc Xenon lamp (150 W) and spectrometer MDR-12 (working range 200 - 650 nm) was used as excitation source. Diffraction spectrometer MDR-23 (250 - 700 nm, linear dispersion is 1/20 mm/Å) was used for registration of PL emission and excitation spectra. The optical width of exiting monochromator slit was in the range 2-3 nm. The sizes of incident excitation beam on the samples surface were ~ 1x3 mm. All the PL and the PL excitation spectra were corrected on system responses.

The surface of all the samples had a characteristic metallic luster, which is evidence of a rather small roughness. SEM study showed that the surface of the samples is a fairly dense package of TEG plates incorporated with oxide particles. For a composite containing a significant amount of oxide (a sample of TPG-20ZrO_2: Eu), the nanoparticles can be combined in agglomerates of 1 to 10 μm, and hence the distribution of the oxide on the sample is markedly uneven. The fact that gray inclusions are particles of zirconia is confirmed by a microelement analysis performed using the same electron microscope on different parts of the samples.

Described above data agree with results of the micro-Raman scattering measurements when the Raman scattering cross section was near 1 μm. Those spectra are typical for various carbon forms Raman spectra in the spectral range 1000 – 2000 cm^{-1}, as they show well

distinguished D and G lines, located near at 1359 and 1582 cm^{-1}. Appearance of the D – line caused by defects and disorder of the graphite structure is a result of destruction of the TEG plates - scales due to mechanical processing and the introduction of particles of the filler, zirconium oxide. The change in its optical propertiesis is the result of the ZrO_2:Eu filler effect on the state and structure of the matrix components. This is quite clearly manifested in the change in the magnitude and spectral dependence of the reflection coefficient in the UV, visible and near infrared light ranges.

The influence of filler on the TEG was also detected by changes in the luminescence spectra of the investigated composites. There are two parts of the spectra observed in the ZrO_2:Eu composites luminescence. The first is a wide band in the range 375 - 525 nm, and the other is a superposition of relatively narrow lines in the range of 565 - 750 nm. It is obvious that in the wide band spectrum, at least three components with a position of their maximum at ~ 422, 437 and 483 nm can be identified. Similar spectra with a similar set of components were observed in the spectra of the PL graphene quantum dots, graphene pieces, and carbon nanoparticles. At the same time, it should be noted that in the same range of the spectrum, own luminescence of zirconium oxide can also be observed.

As for the PL in the long-wave region of the spectrum, the range 565 - 750 nm, then this PL is undoubtedly due to the emission of oxide particles and it is due to radiative electronic transitions $^5D_0 \rightarrow {}^7F_J$ (J = 0 - 4) in the inner shell of the Eu^{3+} ions.

Thus, the study of composite materials, where the ZrO_2:Eu is the filler TEG is a matrix, have shown that these materials can be considered as optical materials. On their basis, in particular, luminescent light transformers can be created. In addition, the optical methods themselves are an important tool for studying the composition and structure of both TEGs and composite materials, which include TEG.

EFFECTS OF Yb^{3+} DOPING ON LUMINESCENCE PROPERTIES OF $PbWO_4$ CRYSTALS

O. Chukova, S. Nedilko
Taras Shevchenko National University of Kyiv
chukova@univ.kiev.ua

The lead tungstate $PbWO_4$ crystal is one of the most famous scintillator inorganic materials due to its application in Large Hadron Collider in CERN. The RE doping of the $PbWO_4$ scintillators is used for decreasing lead and oxygen vacancies concentrations because those vacancies are the most probable defects in the $PbWO_4$ crystals grown by Czochralsky method. Therefore, knowledge about luminescence mechanisms and excitation energy transfer from the matrix to RE impurity luminescence centers is very important. Properties of the $PbWO_4$ crystals and nanoparticles doped with various RE^{3+} ions were intensively studied previously. Especially, it concerns Eu^{3+}, Pr^{3+}, Tb^{3+}, Nd^{3+} impurities [1 - 3]. But, luminescence properties of $PbWO_4$ crystals doped with the Yb^{3+} ions were previously reported only episodically and poorly. In this work, we have carried out study of luminescence properties of the Yb^{3+} ions impurity in the $PbWO_4$ matrix and searched mutual correlations in behaviour of matrix and impurity emission.

The $PbWO_4$:Yb^{3+} crystals were grown by the Czochralski method using "Crystal-617" installation. The blend was synthesized from lead, tungsten and ytterbium oxides. The impurity concentration in the blend was $5x10^{-2}$ wt %. Our analysis showed that impurity

concentration in the grown samples was reduced. The rectangular 5x10x10 mm bricks used for the investigation were cut from the central part of a crystal bulk.

Luminescence emission of the Yb^{3+} ions is observed in the 970 – 1040 nm spectral range. At room temperature, emission spectrum is weakly structured band. Experiments carried out at 10 K with fine spectral slits of spectrometers reveal that this band consists of 16 narrow spectral lines. The observed spectra of linear emission are caused by *f-f* transitions in the Yb^{3+} ions. This range belongs to the $^2F_{5/2} \rightarrow {}^2F_{7/2}$ emission. The $^2F_{7/2}$ level in crystal field can maximally split into 8 Stark components. Observed 16 spectral components can be easily divided on two groups by dependence of their relative intensities on excitation wave length. The group of more intensive lines (975, 978, 996.5, 998, 999.5, 1001, 1023 and 1032 nm) we assign to the first type of emission. These lines are intensive in the spectra obtained at 300 – 340 nm excitations. Their intensities significantly fall down at excitations with $\lambda_{ex} < 300$ nm, whereas intensity of rest lines assigned to the second type of emission does not depend on excitation wavelength. The relative contribution of the Yb^{3+} emission to the matrix emission is also strongly depended on excitation wavelength. The distinctive raise of intensity of the first type of lines correlates with shift of maximum position of wide band visible emission from 445 – 455 nm at $\lambda_{ex} < 300$ nm to 510 nm at $\lambda_{ex} = 309$ nm.

The observed significant differences between spectral properties of two types of centres formed by the Yb^{3+} ions in the $PbWO_4$ crystal lattice are explained by different ways of the impurity ions incorporation on Pb and W sites for the first and second types of centres, respectively. These two types of centres have different symmetry of the Yb^{3+} ions (C_s and D_2) and crystal field strength due to differences between ionic radii of lead, tungsten and ytterbium ions.

Correlations in the Yb^{3+} and matrix emission behaviour were analyzed. The results of the Yb^{3+} emission study were used in analysis of wide band luminescence spectra of matrix. The spectra of the Yb^{3+}- doped crystals matrix emission are shifted to the blue side compared with such spectra of the un-doped crystals. Taking into account well-known multi band character of the $PbWO_4$ matrix emission [1 - 3], we have considered that observed shift is caused by different contributions of various bands in the spectra of the doped and un-doped crystals. It was shown that relative contributions of the blue band in the total spectra were strongly increased for the RE^{3+}-doped crystals compared with the case of un-doped $PbWO_4$ crystals, whereas the red band is more intensive in the spectra of the un-doped $PbWO_4$ crystals. Effect of the RE ions on the blue emission can be resulted from formation by RE impurities of additional channel of energy transfer via creation of excitons or it can be related with common effect of the RE impurities on energy levels of the host lattice. As for effects of the RE impurities on the $PbWO_4$ lattice structure, we should note that RE doping decreases content of oxygen vacancies. The observed suppression of the red band in the Yb^{3+}- doped $PbWO_4$ crystals agrees with conclusion made previously that the red emission is connected with lead vacancies, because the RE ions impurity significantly decrease content of the lead vacancies in the $PbWO_4$ crystal lattice.

The obtained results reveal the physical mechanisms and indicate the ways of the spectral properties controlling of these and similar tungstate compounds, which extends the field of their practical use: from scintillation materials to luminescent transformers of ultraviolet and violet light into long-wave yellow-red emission.

[1] O. Chukova, S. Nedilko, Optical Materials, Vol. 35 (2013) 1735-1740.
[2] S. Novosad, L. Kostyk, I. Novosad and O. Tsvetkova, Acta Physica Polonika, Vol. 117 (2010) 143-145.
[3] X. Wang, B. Liu, Y. Yang, Optics & Laser Technology, Vol. 58 (2014) 84-88.

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО СИНТЕЗУ НАНОКРИСТАЛІВ ZnO:Mn НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИМ КРІОХІМІЧНИМ МЕТОДОМ

О. Коваленко, В. Воровський, В. Моісеєв
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
kurchawenykiy@gmail.com

Оксид цинку – важливий функціональний матеріал, який застовується в багатьох областях техніки. Це оптично прозорий широкозонний (ΔEg = 3,37 еВ) напівпровідник. Його використовують для виготовлення різних компонентів приладів, датчиків, ультрафіолетових фільтрів, сонячних батарей, а також розбавлених магнітних напівпровідників (РМН).

Основною проблемою отримання РМН, які володіють феромагнітними властивостями при кімнатній температурі, є досягнення високого ступеня однорідності вихідного продукту. З цієї точки зору кріохімічний метод (КХС) має значні переваги, оскільки дозволяє змішувати компоненти на атомарному рівні на стадії приготування розчинів, а також забезпечує високу чистоту технологічного процесу [1]. В той же час, температури отримання наноматеріалів методом КХС, як правило, досить високі. Так, при використанні у якості вхідних компонентів сульфатів, температура синтезу наноматеріалів перевищує T = 850 °C, що приводить до утворення нанокристалів (НК) великих розмірів та, як наслідок, до зникнення у зразках квантово-розмірних та феромагнітних властивостей. Тому виникає необхідність пошуку інших прекурсорів для низькотемпературного синтезу наноматеріалів методом КХС.

З аналізу літературних джерел встановлено, що оптимальними прекурсорами для низькотемпературного КХС нанокристалів ZnO:Mn є ацетати цинку $Zn(CH_3COO)_2{\cdot}2H_2O$ та марганцю $Mn(CH_3COO)_2{\cdot}4H_2O$. Температура розпаду цих компонентів становить
T_P = 325 – 350 °C [2, 3]. В роботі було розраховано необхідні кількості вхідних прекурсорів та отримано зразки НК ZnO:Mn з концентрацією Mn 2, 4 та 8 % при температурі синтезу T_C = 350 °C. В якості основного розчину запропоновано 10 % водний розчин ацетату цинку з кислотністю pH = 2,5. Для синтезу зразків із різною концентрацією Mn до цього розчину було додано розраховану кількість ацетату марганцю.

Синтез НК відбувся під час термічного розпаду сухих солей ацетату цинку та марганцю протягом відповідного часу. Тривалість термічного розкладу впливає на ефективність процесу легування НК ZnO домішкою Mn, а також на розміри НК ZnO:Mn. Тому однією із задач низькотемпературного КХС є встановлення оптимального терміну термічного розкладу. Отримання зразків при різних термінах обробки показав, що тривалість низькотемпературного синтезу може становити τ = 20 хв. При цьому дослідження методом рентгенофазового аналізу показало, що в них відсутні домішкові фази, а розміри НК становлять d ~ 80 нм.

[1] Генералов М. Б. Криохимическая технология. Москва: Академкнига. (2006). 325 с.
[2] Anil V., Bertrand T., Kalyani G at al., Simultaneous thermogravimetric analysis and in situ thermo-Raman spectroscopic investigation of thermal decomposition of zinc acetate dehydrate forming zinc oxide nanoparticles. Chemical Physics Latters. Vol. 381. (2003). P. 262 – 270.

[3] Ергалиев Р. Т., Корзанов В. С., Красновских М. П. и др., термолиза ацетата, оксалата, формиата и диоксида марганца. Вестник ПГНИУ: Химия. Вып. 2. (2017). С. 152 – 158.

MAIN REQUIREMENTS FOR SYNTHESIS OF NANO CRYSTALS ZnO:Mn BY LOW-TEMPERATURE CRYOCHEMICAL METHOD

O. Kovalenko, V. Vorovskyi, V. Moiseiev
Oles Honchar Dniprovsk National University
kurchawenykiy@gmail.com

In this work the basic requirements for conducting low-temperature synthesis of nano crystal (NC) ZnO: Mn by the cryochemical method are analyzed. It has been shown that manganese and zinc acettes that have a low thermal decomposition temperature can be used for this synthesis. Calculations of the required amount of input precursors for obtaining samples of ZnO: Mn NC with concentrations Mn 2, 4, 8% were made. Samples with dimensions of d ~ 80 nm were obtained with a given optimum temperature of synthesis T_S = 350 °C, and its duration τ = 20 minutes.

CURRENT-VOLTAGE CURVES NUMERICAL SIMULATION OF PHOTO-CONVERTERS BASED ON SnS/SnS_2/FTO STRUCTURE

M. Ivashchenko [1], A. Opanasyuk [2], I. Buryk [1], D. Kuzmin [1], Yu. Stoliarchuk [1]
[1]*Konotop Institute of Sumy State University*
[2] *Sumy State University*
m.ivashchenko@ki.sumdu.edu.ua

A widening usage of alternative energy sources, among them – solar irradiation energy, is one of the ways of solution the global energetic crisis.

On recent stage of optoelectronics development the most usable as a basis layer of photo-converters (solar cells – SCs) is silicon (Si) in different modifications: polycrystalline, single-crystal, hydrogenated amorphous, etc. Unfortunately, one of the most disadvantages of Si in solar energy usage is its indirect bandgap that leads to increasing of the basis layer's thickness to 200-300 μm and increasing of materials cost, respectively [1].

Thin-film SCs based on CdTe/CdS heterojunction due to its low value of lattices mismatch and efficiency ($\eta \approx$ 22-23 %) are an alternative to SCs based on Si. But, this compound due to its component (cadmium-presented) is not allowable for its usage in green-energy applications [2].

In case of usage tin sulfide compound (SnS) instead CdTe it have a great potential due to the physical properties of SnS, such as: its optical band-gap (E_g = 1.34 eV) is close to band gap of CdTe (E_g = 1.50 eV), moreover these values are approximatively close to Shockley-Queisser optima [2]. These facts allow us to carrying out the numerical simulation of SnS-based photo-converters.

The current-voltage curves of SnS/SnS_2/FTO photo-converters are simulated using SCAPS-3201 program package. The simulation process is based on the Poisson's equation. This simulation package allows us to calculate *I-V* curves and EQ dependencies respectively. The simulation procedure is carried out using the following starting modeling condition: solar irradiation zone which is typical for Ukrainian climate zone (AM 1.5); Three of four (SnS layer thickness, SnS_2 layer thickness, FTO layer thickness, operation temperature) simulation parameters were as usual fixed while the fourth of them was changed.

The starting parameters of simulation are presented on Table 1.

Table 1 - The basic parameters of solar cell simulation

Layer	SnS	SnS_2	FTO
E_g, eV	1.34	2.24	3.80
X, eV	4.20	4.24	4.50
$\varepsilon/\varepsilon_0$, a.u.	16.00	6.19	10.00
N_C, cm^{-3}	8.90×10^{18}	5.10×10^{17}	1.20×10^{20}
N_V, cm^{-3}	1.00×10^{18}	2.24×10^{18}	7.00×10^{20}
μ_n, cm^2/s	100	50	100
μ_p, cm^2/s	25	20	20
m_n/m_0	-	0.21	0.29
m_p/m_0	0.50	-	-

Before the beginning of simulation procedure it needs to select the basis layers simulation parameters, such as: absorption, window and conduction layers thicknesses *(d)*, BG values (E_g), their electron affinities (χ) and dielectric constants ($\varepsilon/\varepsilon_0$), electrons ($\mu_n$) and holes ($\mu_p$) mobility, their effective masses (m_n/m_0 and m_p/m_0, respectively), densities of states in conduction (N_C) and valence (N_V) bands, so on. Taking into account all of these data it allow us to carrying out the simulation procedure.

Carried out simulation allows us to choose the best parameters of layers deposition and operation temperature which provides the maximal values of photo-conversion efficiency. A generalized view of the simulation results is presented on Fig. 1.

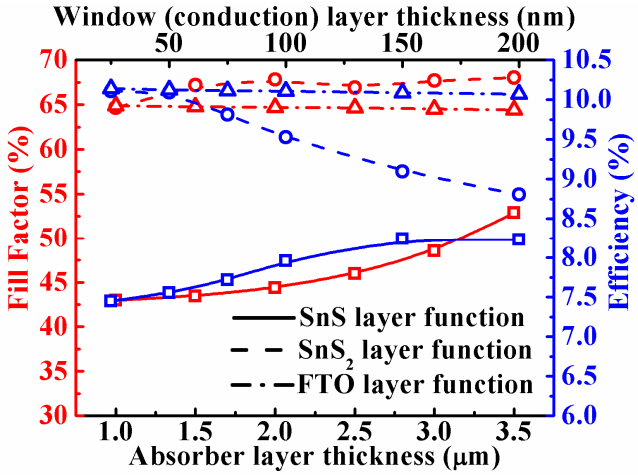


Fig. 1. Variations of fill-factor *FF* and SCs efficiency *η* as a function of SnS absorption layer,SnS_2 window layer and FTO conduction layer

So, the best deposition parameters were: d_{SnS} = 3.0 μm, d_{SnS2} = 25 nm, d_{ITO} = 25 nm, T = 290 K; they provide the next optimal values of *I-V* curves: U_{OC} = 0.68 V, J_{SC} = 23.67 mA/cm^2, FF = 64.20 %, η = 10.36 %, respectively.

[1] W. Hadibrata, F. Es, S. Yerci, R. Turan. Ultrathin Si solar cell with nanostructured light-trapping by metal assisted etching. Solar Energy Materials and Solar Cells. Vol. 180. (2018). P. 247–252.
[2] M.M. Ivashchenko, A.S. Opanasyuk, I.P. Buryk, D.V. Kuzmin. Numerical simulation of SnS-based solar cells. Journal of Nano- and Electronic Physics V. 10(3). (2018). P. 03004(1)–03004(6).

METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINATION OF THE HIGH-SPEED OBJECTS MOTION COORDINATES AND PARAMETERS

Ya. Lepikh, V. Santonii, V. Yanko, L. Budiyanskaya, I. Ivanchenko
Interdepartmental Scientific and Educational Physical-Technical Center of the MES and NAS of Ukraine at the Odessa I.I. Mechnikov National University
ndl_lepikh@onu.edu.ua

The problem of the contactless high-precision determination of the high-speed objects motion parameters at small distances is quite actual.

For high-precision distance measurements among other methods, preference is given to optical-location laser systems, in which time measurement is performed by calculating of the time proportions of the parameters of the direct and reflected rays.

The developed device is intended for measuring parameters of high-speed objects motion in conditions of destabilizing factors by methods of optical location. The use of optical location to create a high-precision determination of the high-speed objects motion parameters faces the difficulties caused by specific conditions and peculiarities of their work. These include a wide range of changes in the parameters of operating signals, functioning in difficult operating conditions (natural and artificial obstacles) and deficit of information processing time.

The method of forming the space-energy distribution of the power of probe radiation and the processing of the receiving signal, taking into account the space-time structure in the near-field zone, is developed.

The pulse optimal duration of laser radiation, which provides the minimum errors of distance, speed and acceleration measurement under influence of destabilizing factors conditions and deficit of signal processing time, is determined.

The problem of measuring of the object coordinates and parameters motion is solved by using digital signal processing systems and the monitoring based on the computing and microprocessor technology.

The practical implementation of the pulse method is complicated by the significant amount of the dynamic range, the bandwidth and the amplitude dynamics of the input location signal. This problem is solved by splitting the measurement range into six subbands based on the principle of geometric progression.

The proposed method retains the measurement accuracy the same in each subband and thus reduces the information measurement surplus. The frequency measurement was replaced by the period measuring, which has led to a straightforward of measurement.

КОРЕЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ В СЕРЕДОВИЩІ: МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ

С. Лягушин, О. Соколовський
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
lyagush.new@gmail.com

Електромагнітне поле в сучасній електроніці – це переважно об'єкт макроскопічний, що потребує статистичного підходу. Опис статистичних властивостей світла для хвиль, близьких до монохроматичних, у класичній фізиці пов'язаний із запровадженням понять частково поляризованого світла та поляризаційного тензора. У квантовій теорії повний опис статистичного об'єкта забезпечує статистичний оператор [1]. Для отримання конкретних результатів необхідно перейти до рівнянь, що стосуються фізично цікавих кореляційних функцій. Для такого складного об'єкта, як поле, кореляційні функції мають польовий характер. Якщо запровадити позначення $\hat{B}_n(\vec{x},t) \equiv \xi_{1n}(\vec{x},t)$, $\hat{E}_n(\vec{x},t) \equiv \xi_{2n}(\vec{x},t)$, слід говорити про корелятори різних порядків

$$C_{i^{(1)}n^{(1)};i^{(2)}n^{(2)},\ldots i^{(k)}n^{(k)}}(y_1,y_2,\ldots y_k) \equiv \langle \xi_{i^{(1)}n^{(1)}}(y_1)\xi_{i^{(2)}n^{(2)}}(y_2)\ldots\xi_{i^{(k)}n^{(k)}}(y_k)\rangle, \quad (1)$$

де i=1,2 нумерує складові поля, n=1,2,3 – векторний індекс, k нумерує просторово-часові точки $y=(\vec{x},t)$. Кореляційна функція k-го порядку визначається як різниця між корелятором (1) і добутком середніх від окремих операторів. Зокрема, для бінарної кореляційної функції $(\xi_1,\xi_2) \equiv \langle\xi_1,\xi_2\rangle - \langle\xi_1\rangle\langle\xi_2\rangle$. Тут використано компактні позначення: $\xi_1 \equiv \xi_{i^{(1)}n^{(1)}}(y_1)$ і т.п.

Стан поля у будь-який момент часу визначається сукупністю одночасних кореляційних функцій, оскільки їх значення дозволяють обчислювати всі макроскопічні характеристики та передбачати результати експериментів. У той же час у квантовій оптиці широко використовуються ґлауберівські кореляційні функції

$$G^{NM}_{n^{(1)},\ldots n^{(N)};m^{(1)},\ldots m^{(M)}}(y_1,\ldots y_N;y'_1,\ldots y'_M) \equiv \langle E^{(-)}_{n^{(1)}}(y_1)\ldots E^{(-)}_{n^{(N)}}(y_N)E^{(+)}_{m^{(1)}}(y'_1)\ldots E^{(+)}_{m^{(M)}}(y'_M)\rangle \quad (2)$$

де n,m – векторні індекси, а $E^{(+)}$ і $E^{(-)}$ – позитивно- та негативно-частотні частини операторів електричного поля в представленні взаємодії. Саме ці функції вимірюються в експериментах за схемою збігів [1], коли створення певної затримки передбачено. Зв'язок між ґлауберівськими та звичайними функціями для певної моди нескладно встановити.

Авторам вдалося побудувати опис надвипромінювальних процесів у моделі Дікке з урахуванням станів поля на основі методу скороченого опису Боголюбова за схемою Пелетмінського-Яценка, де стан поля описується сукупністю амплітуд поля та його бінарних кореляцій, а також з'ясувати, які хвилі можуть поширюватися в середовищі, утвореному дворівневими випромінювачами [2]. Рівняння еволюції для одночасних бінарних кореляцій у компактних позначеннях набуває вигляду

$$\partial_t(\xi_1,\xi_2)_t = i\sum_{1'} c_{11'}(\xi_{1'},\xi_2)_t + i\sum_{2'} c_{22'}(\xi_1,\xi_{2'})_t + (J_1,\xi_2)_t + (\xi_1,J_2)_t, \quad (3)$$

де $\sum_1 \equiv \sum_{\mu_1} \equiv \sum_{i^{(1)} n^{(1)}} \int d^3\vec{x}_1$, $J_\mu \equiv J_{in}(\vec{x})$ ($J_{1n}(\vec{x}) \equiv 0$, $J_{2n}(\vec{x}) \equiv J_n(\vec{x})$ – густина струму), коефіцієнти $c_{ii'}$ випливають з рівнянь Максвелла для середніх полів, а для кореляційних функцій "струм–поле" отримано матеріальне рівняння.

Вивчення процесу виникнення кореляцій у такій системі вимагає чисельного моделювання. Сучасні комп'ютери та математичні пакети дозволяють його реалізацію. Можливі два варіанти: ґраткова модель і опис стану поля та випромінювачів певними функціями від $\vec{x}$ та $\vec{x}$ і $\vec{x}'$ (у випадку однорідного середовища в матеріальних рівняннях з'являються $\vec{x} - \vec{x}'$). Можливі деякі спрощення: розглянути генерацію хвиль певного напрямку та з лінійною поляризацією, задати спрощений вигляд матеріальних рівнянь. Наші найближчі плани – комп'ютерне розв'язання задачі Коші для системи диференціальних рівнянь за певних припущень про початковий стан поля.

Зазначимо, що у просторово однорідному випадку фур'є-образ кореляційної функції має δ-подібний характер. Тому просторова неоднорідність кореляцій виявляється в залежності фур'є-компонент $(\xi_{in}^{\vec{p}+\vec{k}/2}, \xi_{i'n'}^{-\vec{p}+\vec{k}/2})_t$ від вектора k_n, і його слід розглядати як хвильовий. Відхилення кореляцій від рівноважного значення тлумачимо як хвилі кореляцій. Шлях до отримання закону дисперсії для таких хвиль, зокрема для малих k, накреслено в [2]. Хвилі кореляцій можуть існувати й поблизу нульового рівноважного значення середнього поля, причому в середовищі виникають відповідні коливання густини енергії випромінювачів. Це відкриває шлях до реєстрації хвиль кореляції та використання їх для передачі інформації. Фізично подібна ситуація пов'язаних коливань поля та гідродинамічного середовища обговорювалась у [3] в наближенні малого радіуса кореляцій.

[1] Lyagushyn S.F. Sokolovsky A.I. Description of field states with correlation functions and measurements in quantum optics in Quantum Optics and Laser Experiments. Ed. by S. Lyagushyn. Rijeka: InTech. (2012). P. 3–24. {http:\\www.intech-open.com/books}.
[2] Lyagushyn S., Salyuk Yu., Sokolovsky A. Electromagnetic waves in medium consisting of two level emitters. Proceedings of 2012 International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory (Kharkiv, Ukraine, 28-30 August 2012). P. 205–208.
[3] Sokolovsky A.I., Stupka A.A. Electromagnetic field correlations and sound waves. Problems of Atomic Science and Technology. No. 3(2) (2007). P. 335–339.

ELECTROMAGNETIC FIELD CORRELATIONS IN MEDIUM: SIMULATION AND APPLICATION

S. Lyagushyn, A. Sokolovsky
Oles Honchar Dnipro National University
lyagush.new@gmail.com

The problem of description of field correlations is discussed in both classical and quantum approaches. Compact designations for conventional correlation functions are proposed. The place of Glauber correlation functions in theory and experiment is outlined. The way to investigating the correlation emergence in a Dicke superfluorescent system on the basis of the reduced description method is presented with discussing the difficulties of solving the set of differential equations for reduced descriptions parameters. Some simplifications for such consideration are proposed. The concept of binary correlation waves in the field generated by the Dicke system and possibilities of obtaining the dispersion law for them are set as well as prospects of using such waves for information delivery.

METHOD OF IMITATION OF THE MOTION OF OPTICAL-LOCATION DEVICE

V. Santoniy, I. Ivanchenko, L. Budiyanskaya
Odessa I.I. Mechnikov National University
Interdepartmental Scientific and Educational Physical-Technical Center of the Ministry of Education and Science and the National Academy of Sciences of Ukraine
Research Laboratory "Sensors and Registrating Systems"
dirsony@ukr.net

The mechanical modeling of the optico-location device (OLD) movement with the help of complex stands of the jet track type provides maximum approximation to the natural process, however, requires considerable material costs. It actualizes the creation of simulation methods for modeling the movement of OLD.

The developed method of physical modeling consists in reproducing the object surface and the OLD interaction with it under conditions close to real ones [1]. The idea of the method is to simulate a uniform movement by replacing the translational movement by scanning the OLD field of view on a stationary modeling surface (MS), bent in a spiral of Archimedes.

The solution to the problem of simulation lies in forming a mathematical model for the interaction of OLD with a moving object.

The motion of the OLD in relation to the object means the time shift of the distance l, which determines the value of the signal of the photodetector U_{phd}, to the input of which comes the light flux Φ_{in} emitted by the source of radiation and reflected by the surface of the object.

The dependence U_{phd} (l) has the form:

$$U_{phd} = f(1/l^2)$$

and is one of the laws of illumination – the law of distance squares. Consequently, this equation is a mathematical model of the motion of the OLD in relation to the object.

In conditions of uniform motion, time variation l is proportional to the velocity ν, ie: $l = vt$, where t is the time.

The Spiral of Archimedes is a curve described by a point moving at a constant velocity ν in radius r, which rotates at a pole 0 with a constant angular velocity ω (Fig. 1). The equation of such a curve in polar coordinates has the form: $r = a\varphi$, where φ is the angle of rotation r; $a = v / \omega$.

It is oobvious that the time dependence r is identical to the time variation of the path with a uniform motion. This confirms the possibility of simulating the uniform motion of the OLD by scanning the radiation directed along r along the surface of the spiral.

The scanning scheme provides for the placement of the OLD at the pole O of the spiral MS, provided that the longitudinal axis AB coincides with r. OLD movement simulation is achieved as a result of its rotation with respect to the transverse axis passing through O, which is accompanied by scanning the optical field of the optical systems along the MS and changing the distance between them. The scanning scheme provides for the OLD placement at the pole O of the spiral MS, provided that the longitudinal axis AB coincides with r. When changing φ in the range of 0 ... 180º, the movement of the OLD is simulated in the range of distances from the minimum to maximum r in an arbitrary direction.

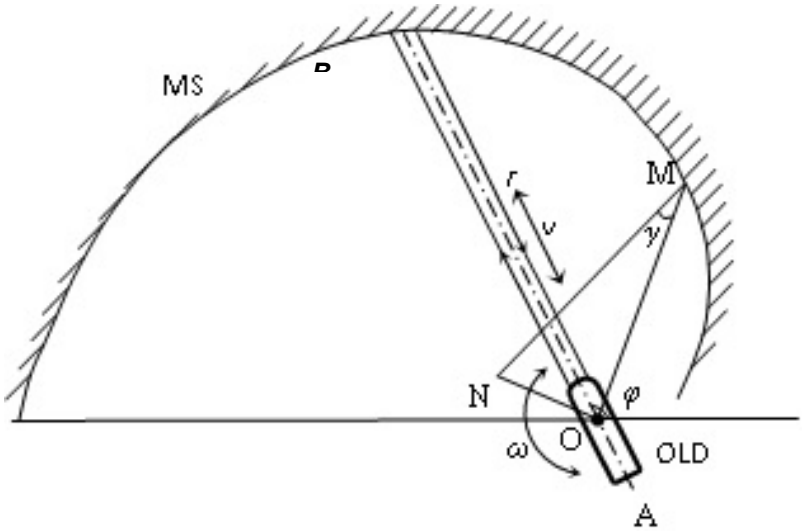


Fig. 1. The scheme of imitation of the OLD movement

The use of scanning optical radiation on a spiral MS to simulate the movement of the OLD relative to an object requires an assessment of the accuracy of the imitation process.

The accuracy of the simulation process depends on the angle of incidence γ of the radiation between *r* and the normal MN at the point of incidence M, which, taking into account the equality of the polar subnormal ON to the constant coefficient a of the Archimedes spiral, is defined as

$$\gamma = \arccos \frac{\varphi}{\sqrt{\varphi^2 + 1}}$$

In accordance with the Lambert law, the amplitude of the reflected light flux is proportional to the cosine of the angle of deviation from the normal

$\Phi = \Phi_o \cos\gamma$,

where F is the luminous flux reflected from the surface at an angle γ,

Φ_o is the luminous flux reflected from the surface in the normal direction.

In this case, the change in γ characteristic of the spiral of Archimedes introduces an error in the distance measurement.

The calculated error compensation method provides for the multiplication of the measured signal of the OLD by the reciprocal of *cos γ*

$$sc\gamma = \frac{1}{\cos\gamma} = \frac{\sqrt{\varphi^2 + 1}}{\varphi}$$

Thus, the possibility of simulating the OLD uniform movement relative to the object with the help of a spiral-shaped MS is shown, and a computational method for compensating the angular error of the imitation process is proposed.

[1] Patent of Ukraine for Utility Model No. 122768 G01D 18/00, 21/00, pub. 01.25.2018 "Method of simulation of high-speed one-dimensional movement of optic-location devices" Santoniy V.I., Ivanchenko I.O., Budiyanskaya L.M.

СПЕКТРИ ЯКР I^{127} ЗМІШАНОГО ШАРУВАТОГО НАПІВПРОВІДНИКА $Pb_{x-1}Mn_xI_2$

І. Вертегел, Є. Чесноков, О. Овчаренко, Ю. Гнатенко
Інститут фізики НАН України
vertegel@iop.kiev.ua

Ядерні квадрупольні взаємодії дуже чутливі до різних кристалічних ефектів, що проявляються в зміні параметрів спектра і реєструються по зміні частоти ЯКР. Актуальність дослідження шаруватих напівпровідників на основі дийодиду свинцю обумовлена перспективами використання даних матеріалів при детектуванні x і γ випромінювання і здійснення рентгенівської томографії. Структура шаруватих напівпровідникових кристалів PbI_2 обумовлює можливість локалізації домішок в різних кристалографічних позиціях. Радіоспектроскопічні дослідження кристалів $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ проводились в основному методами ЕПР та магнітооптики, де було встановлено прояв феромагнітної взаємодії між іонами Mn^{+2} як у міжшаровому просторі, так і в кристалічних шарах, а також антиферомагнітний характер обмінної взаємодії між іонами Mn^{+2} та дірками валентної зони .В цьому повідомленні вперше приводяться результати досліджень концентраційних залежностей параметрів спектра ЯКР I^{127} ($\pm3/2 \leftrightarrow \pm5/2$) кристалів $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ при вмісті Mn : x =0.0, 0.03, 0.05, 0.1.

Таблиця..Концентраційна залежність параметрів спектра ЯКР I^{127} кристала $Pb_{x-1}Mn_xI_2$.

$Pb_{x-1}Mn_xI_2$	Δυ ,ширина лінії ЯКР, МГц	Частота υ ($\pm3/2 \leftrightarrow \pm5/2$) МГц
x =0,0	0,190	8,935
x = 0,03	0,218	8,930
x = 0,05	0,468	8,932
x = 0,1	0,9	9,025; 10,0; 10,5;

Спектр ЯКР I^{127} ($\pm3/2 \leftrightarrow \pm5/2$) при x=0 та x=0,05 кристала $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ складається з однієї лінії з частотою υ=8,930 ±0,005 МГц. В роботі [1] досліджувались спектри ЯКР I^{127} PbI_2 2H та 4H модифікацій. Частота ЯКР I^{127} ($\pm3/2 \leftrightarrow \pm5/2$) 2H політипу PbI_2 визначена із роботи [1] при T=77K складає 8,9 МГц . Отримані нами значення частоти ЯКР I^{127} ($\pm3/2 \leftrightarrow \pm5/2$) для x=0, x=0,03 та x=0,05(див.таблицю) вказують на те, що синтезовані кристали при x=0, x=0,03 та x=0,05 мають структуру 2H політипу, найбільш стійку при кімнатній температурі.При збільшенні вмісту Mn в кристалі $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ від x=0.00 до x=0.05 частота ЯКР I^{127} не змінюється (таблиця), при цьому ширина лінії ЯКР збільшується майже вдвічі. Оскільки частота лінії ЯКР I^{127} ($\pm3/2 \leftrightarrow \pm5/2$) в інтервалі вмісту Mn $0 \leq x \leq 0,05$ не змінюється, це вказує на те, що кристалографічне положення Mn залишається незмінним. Отримані результати в інтервалі вмісту Mn $0 \leq x \leq 0,05$ вказують на те, що в цьому інтервалі вмісту іони Mn^{2+} переважно заміщають іони Pb^{2+} в кристалічних шарах, що приводить до зміни ширини лінії ЯКР I^{127} і не змінює значення частоти ЯКР I^{127} ($\pm3/2 \leftrightarrow \pm5/2$).

При подальшому збільшенні вмісту Mn в кристалі $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ до x = 0,1 спектр ЯКР I^{127} суттєво змінюється. Спектр ЯКР I^{127}($\pm3/2 \leftrightarrow \pm5/2$) кристала $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ при x = 0,1 складається з трьох ліній з частотами $\upsilon_1(1)$=9,03 МГц, $\upsilon_2(2)$=10,00 МГц, $\upsilon_3(3)$=10,50 МГц. Згідно роботи [1] спектр ЯКР 4H модифікації складається з двох ліній, приблизно однакової інтенсивності з частотами $\upsilon_{1\ 4H}$=9,8 МГц та $\upsilon_{2\ 4H}$=10,3 МГц. Отриманий нами спектр ЯКР I^{127} кристала $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ при x=0,1 свідчить про те, що досліджувані кристали мають гетерогенний склад, який включає кристали 4H політипу та 2H політипу . При цьому частоти ЯКР всіх трьох ліній спектра збільшені по відношенню

до частот ЯКР чистих кристалів на 200кГц (2% від абс.значення). Зміщення частоти ЯКР сигналів може бути обумовлено ефектом Зеемана, пов"язаного з феромагнітними властивостями частини іонів марганцю.

Нами було отримано, що для спектра ЯКР I^{127} кристала $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ сумарна інтегральна інтенсивність ліній з x=0,03 та x=0,05 , перерахована на одиницю маси, більш ніж на порядок перевищує інтенсивність лінії ЯКР з x=0. Сумарна інтегральна інтенсивність трьох ліній ЯКР з x=0,1 також значно перевищує інтенсивність лінії ЯКР з x=0. Цей результат вказує на те, що на формування інтенсивності лінії ЯКР в наших кристалах впливає феромагнітний характер обмінної взаємодії іонів марганцю. Відомо [2], що якщо в кристалі існують домени та доменні границі, то змінне локальне магнітне поле, яке діє на ядерні спіни в доменній границі, в 10-100 разів більше, ніж в домені .Для ядер в доменній границі теорія у відповідності з експериментом дає для коефіцієнта підсилення ЯМР-ЯКР сигналів спінового еха значення 10^3-10^4. В роботі [2] експериментально виконано дослідження зміни коефіцієнта підсилення сигналів спінового еха за рахунок існування доменної структури в деяких феромагнітних напівпровідниках .Виходячи з цього, можна допустити, що в кристалі $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ з x = 0.03, 0.05, 0.1. утворюються нанокластери-домени MnI_2, які за рахунок феромагнітного характеру обмінної взаємодії між іонами Mn^{+2} ,приводять до зміни інтегральної інтенсивності спостерігаємих сигналів спінового еха.

На основі виконаного дослідження параметрів спектра ЯКР I^{127} кристала $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ при вмісті MnI_2 $0{,}00 \le x \le 0.05$ зроблено висновок, що в цьому діапазоні вмісту кристалографічне положення іонів Mn^{+2} – не змінюється, вони заміщають частину іонів Pb^{+2} в шаровій структурі. Показана можливість з допомогою ЯКР ідентифікації модифікацій змішаних кристалів 2H та 4H політипів $Pb_{x-1}Mn_xI_2$.На основі дослідження концентраційної залежності інтегральної інтенсивності ліній параметрів спектра ЯКР в діапазоні вмісту MnI_2 $0{,}00 \le x \le 0.1$ зроблено висновок про можливість утворення в кристалі $Pb_{x-1}Mn_xI_2$ нанокластерів-доменів, які завдяки феромагнітному характеру обмінної взаємодії між частиною іонів Mn^{+2}, приводять до зміни коефіцієнта підсилення сигналів спінового еха.

[1] Lyfar D.L., Goncharuk V.E., Ryabchenko S.M., Temperature dependence of nuclear quadrupole resonance in layer-type crystals. Phys. Status solidi(b), V.76 (1976). P.183-189 .

[2] Абеляшев Г.Н.,Бержанский В.Н.,Федотов Ю.В., Магнитная гетерогенность ферромагнитных полупроводников на основе $CdCr_2Se_4$. Письма в ЖЭТФ. Т.45. вып.1. (1976). с.34-37.

SPECTRA NQR I^{127} MIXED LAYERED SEMICONDUCTOR $Pb_{x-1}Mn_xI_2$

I. Vertegel, E. Chesnokov, O. Ovcharenko, Yu. Gnatenko,
Institute of Physics NAS
vertegel@iop.kiev.ua

The results of research of the concentration dependences of the NQR spectrum parameters of I^{127} mixed layered semiconductors $Pb_{x-1}Mn_xI_2$. Based on the study of the concentration dependence of the integral intensity of the NQR spectrum parameters lines in the content range MnI_2 $0{,}00 \le x \le 0.1$, we concluded that it is possible to form nano-cluster domains in a crystal $Pb_{x-1}Mn_xI_2$. These lead to a change in the gain of the spin echo signals. due to the ferromagnetic nature of the exchange interaction between the part of the Mn^{+2} ions.

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕЛУРИДУ СВИНЦЮ З ДОБАВКОЮ НАНОДИСПЕРСНОГО TiO_2

В. Прокопів [1], І. Горічок [1], О. Матківський [1], Л. Туровська [2]
[1]*ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»,*
[2]*Івано-Франківський національний медичний університет*
prkvv@i.ua

Телурид свинцю – напівпровідниковий матеріал, який вже використовується для створення на його основі термоелементів, що працюють в області температур (500-800) К. Основним недоліком використання PbTe є відносно низький коефіцієнт корисної дії пристроїв на його основі (≤ 10 %). Тому пошук шляхів підвищення даного значення є важливим завданням.

Актуальним є дослідження термоелектричних зразків, отриманих методом пресування порошку, що забезпечує значну площу міжзеренних меж. Окрім розсіювання фононів, такі межі можуть здійснювати фільтрацію носіїв струму, пропускаючи електрони (дірки) лише з «високими» енергіями, що повинно б збільшувати коефіцієнт термо-ЕРС матеріалу. Для пресованих зразків важливим фактором є розмір фракцій порошку, що використовуються для компактування. Використання нанорозмірного порошку повинно б призводити до значного зменшення теплопровідності матеріалу. Використання додаткового нанодисперсного компоненту іншого матеріалу може забезпечити створення додаткової розсіюючої поверхні для фононів.

У даній роботі досліджено зразки, отримані методом пресування мікророзмірного порошку базового матеріалу PbTe, і зразки з механічної суміші PbTe та нанорозмірного порошку домішки TiO_2.

Синтез матеріалів проводили у вакуумованих кварцових ампулах. Отримані злитки подрібнювали, пресували під тиском (1,0-2,0) ГПа та піддавали відпалу при температурах (500-800) К. У випадку отримання механічних сумішей порошок базового матеріалу перемішувався з нанодисперсним порошком TiO_2, розмір частинок якого становив (50-70) нм. Фазовий склад і структуру синтезованих злитків та зразків досліджували Х-дифракційними методами на автоматичному дифрактометрі STOE STADI P. Морфологія поверхні вивчалась з використанням скануючого електронного мікроскопа. Холлівські вимірювання проводили у постійних магнітних та електричних полях чотиризондовим методом. Величину коефіцієнта термо-ЕРС вираховували, вимірюючи напругу на кінцях зразка при створеному градієнті температур ≈ 5 К. Питому електропровідність σ визначали, вимірюючи спад напруги на зразку при пропусканні змінного струму. Коефіцієнт теплопровідності k визначали методом радіального теплового потоку.

Температурні залежності термоелектричних параметрів досліджуваних матеріалів PbTe, $PbTe/TiO_2$ представлено на рис. 1. Бездомішковий PbTe характеризується провідністю ≈ 5 $(Ом·см)^{-1}$, температурна залежність σ (T) є немонотонною, з мінімумом в околі 480 К. При температурах нижчих 500 К провідність зразка є дірковою. З ростом температури в околі 500 К спостерігається перехід матеріалу до n-типу. Даний ефект пояснюється опусканням максимуму зони легких дірок нижче максимуму зони важких дірок, що суттєво збільшує їх ефективну масу, а отже, і зменшує рухливість. Коефіцієнт теплопровідності бездомішкового матеріалу є відносно низьким, слабо залежить від температури і становить

≈ 0,005 Вт/(см·К). Низькі значення як питомої електропровідності матеріалу, так і його коефіцієнта теплопровідності зумовлені особливостями технології холодного пресування.

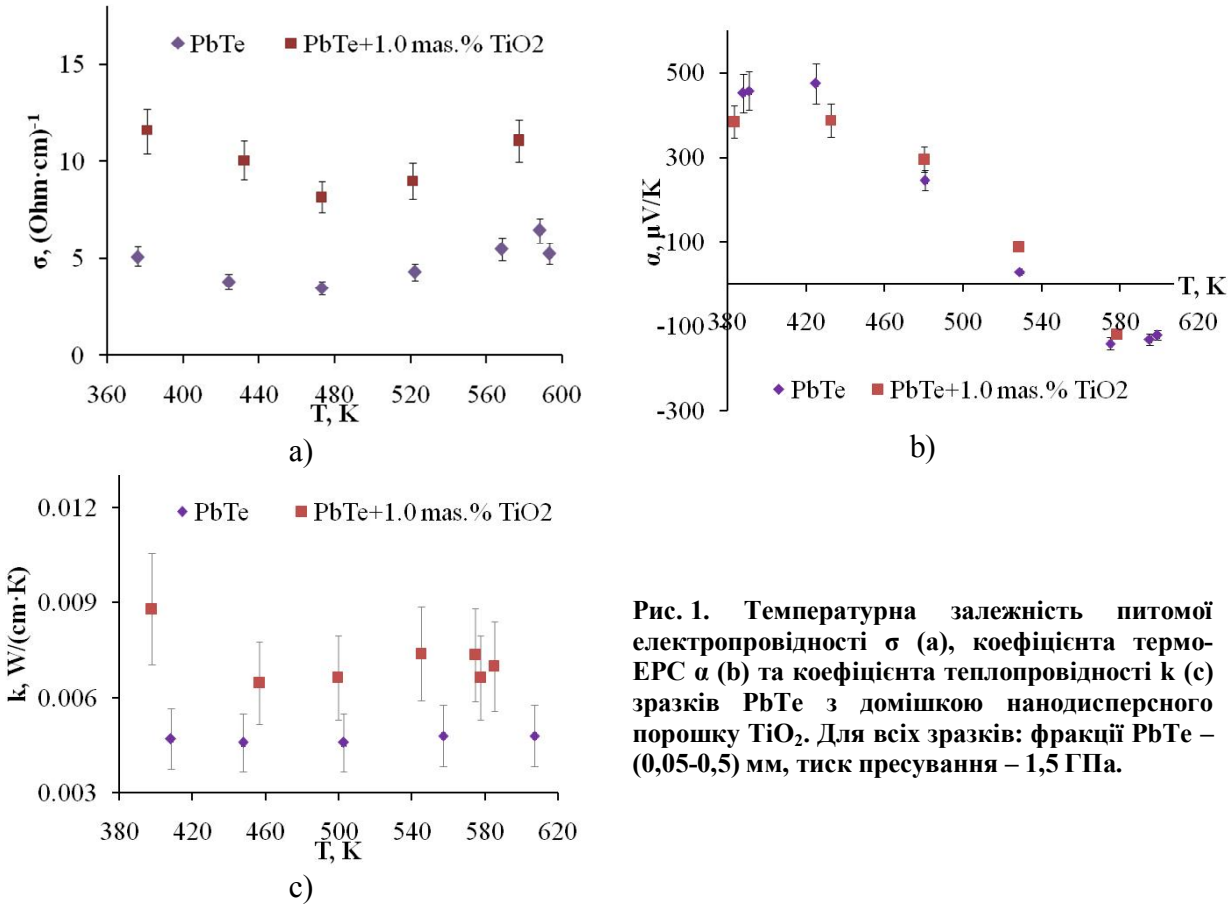


Рис. 1. Температурна залежність питомої електропровідності σ (a), коефіцієнта термо-ЕРС α (b) та коефіцієнта теплопровідності k (c) зразків PbTe з домішкою нанодисперсного порошку TiO_2. Для всіх зразків: фракції PbTe – (0,05-0,5) мм, тиск пресування – 1,5 ГПа.

Основний ефект від додавання нанодисперсного порошку TiO_2, як ми очікували, повинен проявлятися на температурних залежностях коефіцієнта теплопровідності. Введення оксидів металів повинно б призвести до збільшення кількості розсіюючих поверхонь, що мало б зменшувати величину k. Проте в результаті проведених вимірювань встановлено, що з додаванням TiO_2 коефіцієнт теплопровідності матеріалу зростає. Також зростає і електропровідність матеріалу, а коефіцієнт термо-ЕРС практично не змінюється у порівнянні з чистим PbTe.

THERMOELECTRIC PROPERTIES OF LEAD TELLURIDE WITH NANODISPERSED ADDITIVES OF TiO_2

V. Prokopiv [1], I. Horichok [1], O. Matkivsky [1], L. Turovska [2]
[1]*Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*
[2]*Ivano-Frankivsk National Medical University*
prkvv@i.ua

The thermoelectric properties of the materials obtained via the method of pressing the micro-sized powder of the base material (PbTe) and the mechanical mixture of PbTe and the nanosized impurity powder (TiO_2) have been studied.

ОСОБЛИВОСТІ ДЕФОРМАЦІЇ МІКРОКРИСТАЛІЧНОГО ІНДІЮ В ШИРОКОМУ ІНТЕРВАЛІ ТЕМПЕРАТУР

А. Олійнич-Лисюк, М. Раранський, О. Тащук, Р. Тащук, О. Лисюк
Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича
a_oliynich@ukr.net; romatastshcuk@gmail.com

Індій – відомий матеріал електронної техніки з природним набором фізико-механічних властивостей, який дозволяє використовувати його в приладах та пристроях як ущільнюючий і контактний матеріал, здатний працювати в умовах космосу [1]. Він має унікальні нелінійні деформаційні властивості (наприклад, коефіцієнти Пуассона індію змінюються від -1 до +0,9 [2]) і водночас мікроконтакти з індію розтріскуються при кріотермоциклюванні [1]. Спроби вирішення цієї проблеми вказали на значну роль анізотропії коефіцієнтів термічного розширення, дефектів кристалічної будови, зокрема дислокацій, та величини поверхневої енергії деформації мікроконтактів і плівок, властивості яких суттєво змінюються в залежності від величини та знаку коефіцієнтів Пуассона. Тому в даній роботі досліджували температурно-просторові залежності коефіцієнтів Пуассона, полів напруг (деформацій) навколо дислокацій та швидкості їх руху у мікрокристалічному індії.

Коротко результати досліджень можна звести до наступного:

- Значення коефіцієнтів Пуассона для мікрокристалічного In в інтервалі від 0 до 300К в різних наближеннях (рис.1а), залишаючись додатними, змінюються в широкому інтервалі – від 0,14 до 0,40 (у наближенні Ройса).
- Відношення швидкостей руху дефектів при термоциклюванні мікрокристалічного індію в інтервалі 100-200К (рис.1b, маркери), визначені з температурно-амплітудних залежностей поглинання пружної енергії (ППЕ) та дисперсії модулів пружності (ДМП), з ростом температури поетапно зростають. Шляхом моделювання мікропластичної деформації в In у рамках дислокаційно-дисклинаційної моделі з урахуванням коефіцієнтів Пуассона (рис.1 b, суцільна лінія) нам вдалось пояснити аномалії ППЕ і ДМП з підвищенням температури зменшенням ролі дислокацій при зростанні їх щільності практично на 2 порядки і поступовим включенням у процес деформації двійників [3].

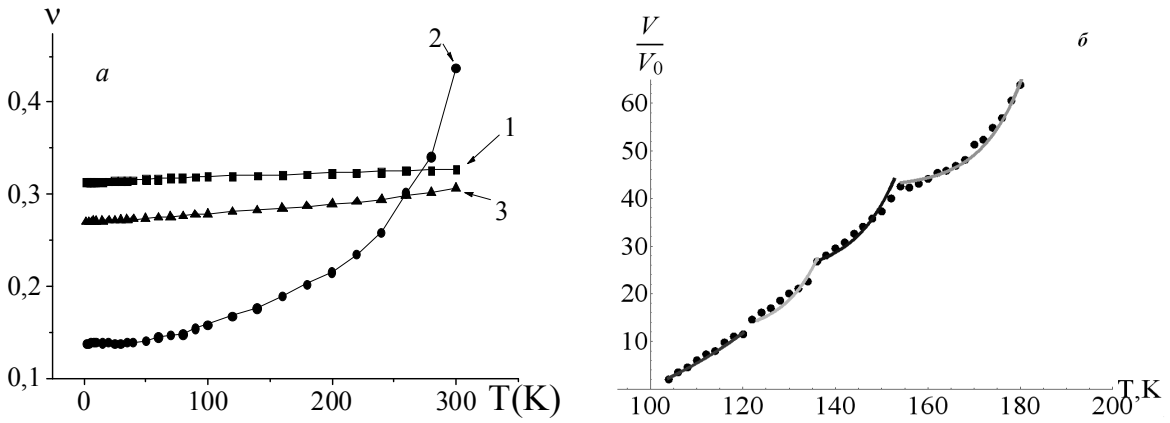


Рис. 1. Температурні залежності коефіцієнтів Пуассона (а) та відношення швидкостей руху дефектів (б) у мікрокристалічному In. На рис.1 (а): 1 – наближення Фогхта, 2 – Ройса, 3 – Фогхта-Ройса-Хілла. На рис.1 (b) маркерами представлені експериментальні результати, суцільними лініями – розрахунки .

- Аналіз характеристичних поверхонь коефіцієнтів Пуассона, полів напруг та деформацій навколо крайових та гвинтових дислокацій у індії при різних температурах і в різних кристалографічних напрямках (рис. 2a, b, c) дозволив виявити значне посилення анізотропії цих властивостей з підвищенням температури, що може слугувати причиною блокування руху дислокацій в цьому матеріалі та, як наслідок, необхідністю активації процесу двійникування.

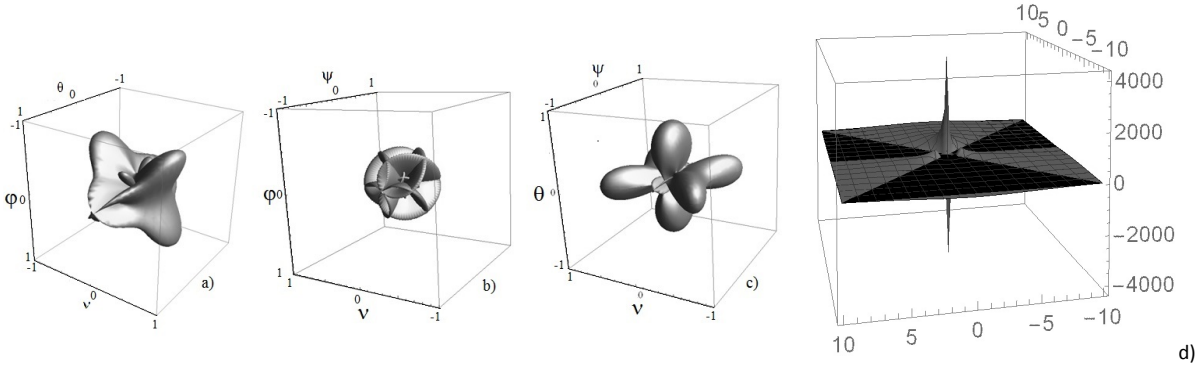


Рис. 2. Характеристичні поверхні коефіцієнтів Пуассона в напрямку <100> (a), <010> (b) і <001> (c) та поля напруг навколо крайової дислокації (d) в індії при 300 К.

[1] Cheng X., Liu C., Silberschmidt V.V. Numerical analysis of thermo-mechanical behavior of indium micro-joint at cryogenic temperatures. Computational Materials Science.vol. **52** (2012). P. 274–281.
[2] Раранський М., Балазюк В., Гунько М. Явище ауксетичності в твердих тілах. Чернівці: Друк Арт.(2016). С.180.
[3] Остриков, О.М. Механика двойникования твердых тел. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого. (2008). 301 с.

FEATURES OF DEFORMATION OF MICROCRYSTAL INDIUM IN A WIDE TEMPERATURE INTERVAL

A. Oliynich-Lysyuk, N. Raransky, A. Tashchuk, R. Tashchuk, A. Lysyuk
Yuri Fedkovich Chernivtsi National University
a_oliynich@ukr.net; romatastshcuk@gmail.com

The features of microplastic deformation in polycrystalline indium were discovered by studying the temperature-amplitude spectra of absorption of elastic energy, dispersion of modulus of elasticity, modeling of microplastic deformation taking into account the space-temperature distributions of the coefficients of Poisson. It is shown that microcrystalline indium have positive values of Poisson's coefficients that vary in a wide range of values throughout the all investigation range of temperatures and affect the distribution of stresses (deformations) and the velocity of motion of defects in a crystalline structure. At low temperature cycling, with increasing temperature, the density of dislocations increases, their velocity decreases and the twins begin to enter the deformation.

МОРФОЛОГИЯ ПОВЕРХНОСТИ И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ CdS и CdS:Dy

Ю. Ерёменко, А. Опанасюк
Сумский государственный университет
yuri.yeromenko@gmail.com

Одним из традиционных материалов в полупроводниковой электронике является сульфид кадмия. CdS – соединение группы A_2B_6, которое благодаря особенностям зонной диаграммы, хорошим оптическим параметрам и относительно низком удельном сопротивлении являється отличным материалом для применения в качестве окна тонкопленочных солнечных элементов, работающих на основе гетероперехода с $Cu(In,Ga)Se_2$ (CIGS), CdTe и другими материалами, что используются как поглощающий слой. Современные исследования показывают, что легирование полупроводников редкоземельными элементами могут улучшать их свойства. В частности, легирующие примеси позволяют образовывать глубокие излучательные центры в соединениях A_2B_6. В результате происходит оптическое превращение солнечного излучения з понижением его частоты. В то же время, по аналогии с соединениями A_3B_5, легирование может способствовать улучшению структурных характеристик пленок. Это, в свою очередь, может повысить эффективность солнечных элементов, где традиционные полупроводниковые слои будут заменены легированными. Однако, работы, в которых изучены свойства сульфида кадмия, легированного редкоземельными элементами, довольно мало.

Среди методов получения полупроводниковых слоев особенно выделяется вакуумное испарение в квазизамкнутом обьеме (КЗО). Прежде всего, метод позволяет получать стехиометрические пленки многокомпонентных полупроводников с хорошей кристаллической структурой и при контролированном технологическом процессе. Метод широко используется при получении пленок соединений A_2B_6, позволяет получать конденсаты высокого структурного и оптического качества, а потому был избран для нанесения пленок сульфида кадмия. В работе исследовалась морфология поверхности, а также некоторые структурные свойства пленок CdS:Dy, полученных у КЗО при разных температурах подложек, а также проводилась сравнение со свойствами чистых пленок CdS.

Исследуемые поликристаллические пленки были получены на предварительно очищенные стеклянные подложки в вакуумной камере установки ВУП-5М. При осаждении нелегированных пленок испарялась шихта сульфида кадмия полупроводниковой чистоты, в другом случае – легированная диспрозием. При получении пленок испарение во всех случаях проводилось при температуре T_e = 1173 K, а температуры подложек изменялись в диапазоне T_s = 573-773 K. Время конденсации составляло t = 4 мин. Морфология поверхности пленок исследовалась с использованиям растровой микроскопии (РЕММА-102). Средний размер зерен (D) находился методом Джеффриса. Также, для подтверждения наличия в составе пленок диспрозия, проводились исследования с использованием метода энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS). Исследования структурных свойств проводились с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН 4-07 с Ni-фильтрованным излучением кобальтового анода. Сьемки проводились в диапазоне брегговских углов 2θ от 25° до 80°. При исследованиях проводилась фокусировка рентгеновского излучения за Бреггом-Брентано. Полученные кривые нормировались на интенсивность пика (101)

гексагональной фазы. Фазовый анализ проводился через сопоставление межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей исследуемых образцов и эталона. Период решетки определялся методом Нельсона –Рили.

В результате проведенных исследований было определено, что средний размер зерен у пленках составлял D = 0,1 мкм - 1 мкм и возрастал при увеличении T_s. Исследуемые пленки являлись однофазными и имели вюрцитную структуру. В легированных пленках во всех случаях доминирующим являлся пик (002), что свидетельствует о выраженной текстуре роста. В то же время, в чистых пленках CdS в некоторых случаях доминирующим за интенсивностью было отбивание от кристаллографической плоскости (103). В сравнении со справочными данными экспериментально определенные значения параметров решетки CdS:Dy a (0,4083 - 0,4190) несколько меньшие, а c (0,6563 - 0,6725 нм) – несколько большие, чем справочные для монокристалла чистого CdS. У пленках зафиксирован довольно низкий уровень микронапряжений, который составлял $0{,}54\cdot10^{-3}$- $0{,}70\cdot10^{-3}$ для пленок CdS:Dy и $0{,}73\cdot10^{-3}$- $0{,}92\cdot10^{-3}$ для CdS.

В целом, для легированных образцов наблюдалась однофазность, лучшая текстурированность и меньший уровень микронапряжений, чем для чистых CdS, что дает CdS:Dy хорошие перспективы для использования в качестве альтернативного оконного слоя в солнечных элементах.

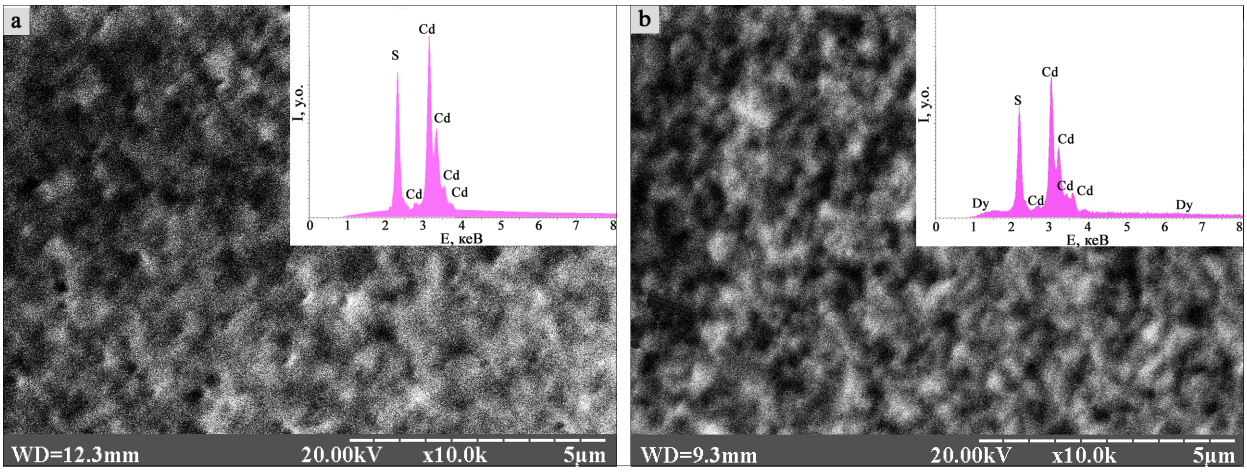


Рис. 1. Микрофотографии поверхности пленок CdS (a) и CdS:Dy (b), полученных при температуре испарителя T_e=1173 К и температуре подложки T_s= 773 К, а также спектры исследования химического состава (на вставках)

SURFACE MORFOLOGY AND STRUCTERAL PROPERTIES OF CdS AND CdS:Dy

Yu. Yeromenko, A. Opanasyuk
Sumy State University
yuri.yeromenko@gmail.com

In this work, we determine the average grain size, the microstress level, phase composition and structural properties of CdS:Dy and CdS layers. It was determined, the average grain size was D = 0,1 мкм - 1 мкм and it increases with T_s increasing. The lattice parameters of the investigated film was a = 0,4130 - 0, 0,4139 nm, c= 0,6706 - 0,6715 nm for CdS, and a = 0,4083 - 0,4190 nm, c= 0,6563 - 0,6725 nm for CdS:Dy. The microstress level was $0{,}54\cdot10^{-3}$- $0{,}70\cdot10^{-3}$ for CdS:Dy and $0{,}73\cdot10^{-3}$- $0{,}92\cdot10^{-3}$ for CdS films.

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ НАТРІЙ ВІСМУТОВОГО ТИТАНАТУ

М. Трубіцин, Д. Нечаєв
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
danilanechaiev@gmail.com

Робота присвячена вивченню електричних властивостей крислалів натрій вісмутового титанату. Натрій вісмутовий титанат $Na_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$ (NBT) – сегнетоелектрик релаксор з високими електромеханічними параметрами [1]. Кристал $Na_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$ розглядається як основна сполука для створення нових екологічно прийнятних матеріалів для п'єзоелектричних приладів.

Монокристали NBT були вирощені з розплавів методом Чохральського [2]. Порошкові реагенти Na_2CO_3, Bi_2O_3 та TiO_2 у стехіометричному співвідношенні гомогенізували, використовуючи спирт у агатовому розчині протягом 2 годин. Отримані порошки сушили і пресували в таблетки при 15 МПа. Потім таблетки поміщали у печі та відпалювали в повітрі при 800°С протягом 2 годин і при 1000◦С протягом 4 год. Монокристали виросли при 1350°С вздовж осі кристала (001). Зразки були підготовлені у вигляді пластин.Діелектрична проникність ε та тангенс діелектричних втрат tanδ вимірювали за допомогою моста AC P 5083 в інтервалі температур 25-540◦С та в діапазоні частот 0,1-100 кГц.

Показано, що діелектричні властивості вирощених кристалів NBT характеризуються низькочастотною дисперсією ε близько 400°С та нелінійним підвищенням tanδ (T) при нагріванні вище 500°С. Відпал зразків NBT у повітрі та у вакуумі демонструє, що діелектрична дисперсія та зростання температури діелектричних втрат пов'язані зі структурними дефектами, сформованими вакансіями кисню. Дисперсія ε визначається повільними релаксаційними полярними комплексами, дезасоційовані вище 500°С. Виникаючі рухливі дефекти сприяють зростанню температури tanδ (T) при подальшому нагріванні.

[1] Mechanisms of electroconductivity in $Na_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$ single crystals / T.V. Kruzina, V.M. Sidak, S.A. Popov та ін.]. // Вісник ХНУ. – 2015. – №23. – С. 120–123.
[2] Thermal Treatment and Dielectric Properties of Na0.5Bi0.5TiO3 Single Crystal / T. V. Kruzina, V. M. Sidak, M. P. Trubitsyn та ін.]. // Ferroelectrics. – 2014. – С. 140–144.

ELECTRICAL PROPERTIES OF A CRYSTAL OF A BISMUTH TITANATE

M. Trubitsyn, D. Nechaiev
Oles Honchar Dnipro National University
danilanechaiev@gmail.com

Sodium bismuth titanate $Na_{0,5}Bi_{0,5}TiO_3$ (NBT) is lead-free relaxor ferroelectric with high electro-mechanical parameters. NBT single crystals were grown from the melts by Czochralski method. Powder reagents of Na_2CO_3, Bi_2O_3 and TiO_2 in stoichiometric ratio were homogenized by using of alcohol in agate mortar for 2 h. Dielectric properties of as- grown NBT crystals are characterized by low frequency ε dispersion around 400°C and nonlinear increasing of tanδ (T) on heating above 500°C.

МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНІ ЯВИЩА В МІКРОМАГНІТНИХ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТАХ ФЕРИТОВИХ ГРАНАТІВ

В. Короновський, Ю. Вакула
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
VaKuniv@ukr.net

Потреби сучасної науки стимулюють пошук нових властивостей тонких феро- та феримагнітних плівок, а також створення на їх основі матеріалів з новими властивостями. Це пов'язано з тим, що вивчення фізичних властивостей магнітних плівок сприяє вирішенню фундаментальних проблем фізики магнітних явищ, а також широким застосуванням цих матеріалів у сучасній техніці – накопичувачі інформації, апаратура для магнітного запису та відтворення інформації, прилади для точного регулювання та контролю різного роду систем і т.і. Зважаючи на це, актуальним є зокрема і питання, щодо пошуку нових фізичних механізмів при дослідженні магнітних плівкових кристалічних речовин, які допускають зміну параметрів речовини у субмікронному просторовому масштабі в результаті дії зовнішнього електричного поля (магнітоелектричний (МЕ) ефект (МЕЕ)) та подальшого детектування зазначених змін.

Плівки залізо-ітрієвих-гранатів (ЗІГ) використовуються як модельні об'єкти не лише для досліджень магнітних та магнітооптичних характеристик феримагнетиків, а й магнітоелектричних [1-3], оскільки розподіл намагніченості в магнітних (мікромагнітних) структурних елементах плівки (зокрема і в доменних границях (ДГ)) можна розглядати як фазову структуру, магнітні елементи якої можна візуалізувати.

В даній роботі ми повідомляємо про результати досліджень реакції ДГ плівок ЗІГ на підключення електричного поля. Використовувався метод оптичної поляриметрії в комбінації з поляризаційним мікроскопом. Метод дозволяє вимірювати зміни кута повороту площини поляризації світла ($\boldsymbol{\alpha}_{EMO}$) в електричному полі (електромагніто-оптичний ефект (ЕМОЕ) [1]) і проводити візуальні спостереження за доменною структурою. Ми змінили умови проведення експериментів, описаних в [2,3]. Верхній, оптично прозорий електрод, зроблено у вигляді тонкої смужки з загостреням (типу трикутника) на кінці. Нижній - прямокутної форми, як і в [2]. Така геометрія електродів дозволяє проводити дослідження як в однорідному електричному полі (центральна область електрода-трикутника), так і в просторово не однорідному (область під гострим кутом трикутника). Досліджувались ЗІГ плівки товщиною приблизно 12 мкм, вирощені на підкладинках $Gd_3Ga_5O_{12}$. На Рис. 1 показано один з результатів вимірювання змін кута $\boldsymbol{\alpha}_{EMO}$ в електричному полі на виділеній діафрагмою ділянці (Ø≈5 мкм) доменної структури. Прямий сегмент ДГ знаходився в центрі зони сканування (ділянка сканування - під електродом-смужкою) і таким чином скомпенсовується магнітооптичний сигнал від сусідніх доменів. Крива (а) на Рис.1 показує зміну параметра $\boldsymbol{\alpha}_{EMO}$, при підключенні постійного електричного поля (E_-) при фіксованому значенні змінного електричного поля ($E_{\sim}$ = 2,8 кВ/мм., ω = 950 Гц). З графіка бачимо, що параметр $\boldsymbol{\alpha}_{EMO}$ (МЕ сигнал) лінійно зростає зі збільшенням величини E_--поля і реєструється лише за умови наявності постійного і змінного електричних полів. При переорієнтації гострого кінця верхнього електроду на точку лазерного сканування над ДГ, спостерігаємо абсолютно іншу залежність. Навіть при нульовому значенні E_--поля, зареєстровано МЕ-сигнал (Рис.1 (б)). Зі збільшенням величини E_--поля, значення параметра α_{EMO} лінійно зростає. Але, по досягненню певних значень E_--поля (~ 0,7-0,8 кВ/мм), характер залежності змінюється. Величина $\boldsymbol{\alpha}_{EMO}$ починає зменшуватись зі збільшенням E_--поля, що не спостерігалось у випадку (а). Ми вважаємо, що причина

принципових відмінностей між наведеними залежностями наступна. У випадку (б), електричне поле в області вимірювання не є просторово однорідним. При цьому мала частина лише одного з двох сусідніх доменів з області сканування охоплена електродом-трикутником і це пояснює реєстрацію сигналу ЕМО в $E_{\sim}$-полі. Гострий кінець електрода був безпосередньо над частиною ДГ і не торкався сусіднього домену протилежного знаку. Тобто, ми реєструємо вплив електричних полів E_{-} і $E_{\sim}$ на локальну

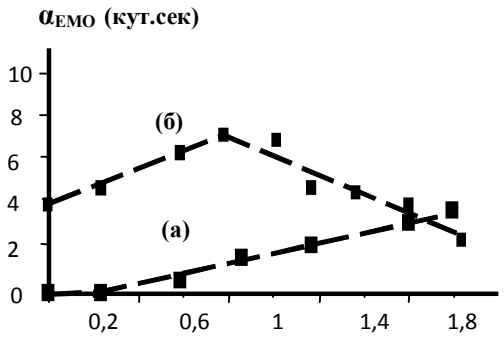


Рис. 1. Електро-польові залежності ЕМОЕ для локальної ділянки ДГ ($E_{\sim}$ = 2,8 кВ / мм). (а) - для просторово однорідного електричного поля; (б) - для неоднорідного поля.

область одного домену, обмеженого ДГ. В локальній області під гострим кінцем електрода, будуть досягнуті максимальні значення електричного поля і ці значення достатні для “активації” ділянки ДГ під гострим кінцем верхнього електрода. Подібна "активність" ДГ призводить до того, що локальна ділянка домену іншого знаку потрапляє в область оптичного сканування (як результат зміщення ДГ) і призведе до відповідного зменшення зареєстрованого сумарного ефекту (залежність (б)). Тобто, причиною такої "активності" ДГ в ЗІГ може бути поява в електричному полі під гострим краєм електроду локальної області з індукованою неоднорідною магнітною анізотропією, а ДГ ЗІГ дуже чутливі до найменших змін магнітної анізотропії [2].

[1] Krichevtsov B.B., Pisarev R.V. and Selitskij A.G. The electromagneto-optical effect in yttrium iron garnets $Y_3Fe_5O_{12}$. JETP Lett. Vol. 41. (1985). P. 317-319.
[2] Koronovskyy V.E., Ryabchenko S.M. and Kovalenko V.F. Electromagneto-optical effects on local areas of ferrite-garnet film. Phys. Rev. B. Vol. 71. (2005). P. 172402-172405.
[3] Koronovskyy V.E. and Vakyla Y.A. Sensitivity of domain walls of bismuth-substituted iron garnets to a magneto-electric interactions caused by external complex field influence. J. Appl. Phys. Vol. 118. (2015). P. 184101-1 - 184101-4.

MAGNETOELECTRIC PHENOMENA IN THE MICROMAGNETIC STRUCTURAL ELEMENTS OF FERRITE GARNETS

V. Koronovskyy, Y. Vakyla
Taras Shevchenko National University of Kyiv
VaKuniv@ukr.net

We report direct magneto-optical measurements that confirm the magnetic domain walls can be reversibly changed under an electric field due to the magnetoelectric effect in the epitaxial films of ferrite garnets.

МОРФОЛОГІЯ ПОВЕРХНІ ПЛІВКОВИХ КОНДЕНСАТІВ НА ОСНОВІ PbTe

Н. Паламар, Я. Салій, Л. Никируй
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
PalamarNazar22@gmail.com

Напівпровідникові матеріали на основі телуриду свинцю є одними із кращих термоелектричних матеріалів для застосування в області середніх температур (450-800) К. Максимум безрозмірної термоелектричної добротності ZT для них сягає 0,7 при 700 К. Сучасні дослідження вказують на можливість подвоєння ZT для випадку легованих матеріалів через підвищення коефіцієнту Зеєбека [1]. Із використанням легованих нанокомпозитів, наприклад, PbTe:Bi,Sb, можна досягнути суттєво вищих значень ZT [2].

Плівки для дослідження отримували осадженням пари у вакуумі на ситалові підкладки із наперед синтезованого телуриду свинцю легованого вісмутом. Температура випарника під час осадження складала ТВ = 650 – 750 ^{0}C, а температура підкладок ТП = 150 – 250 ^{0}C, що забезпечувало різну швидкість осадження та дозволило отримувати плівки з різною морфологією поверхні.

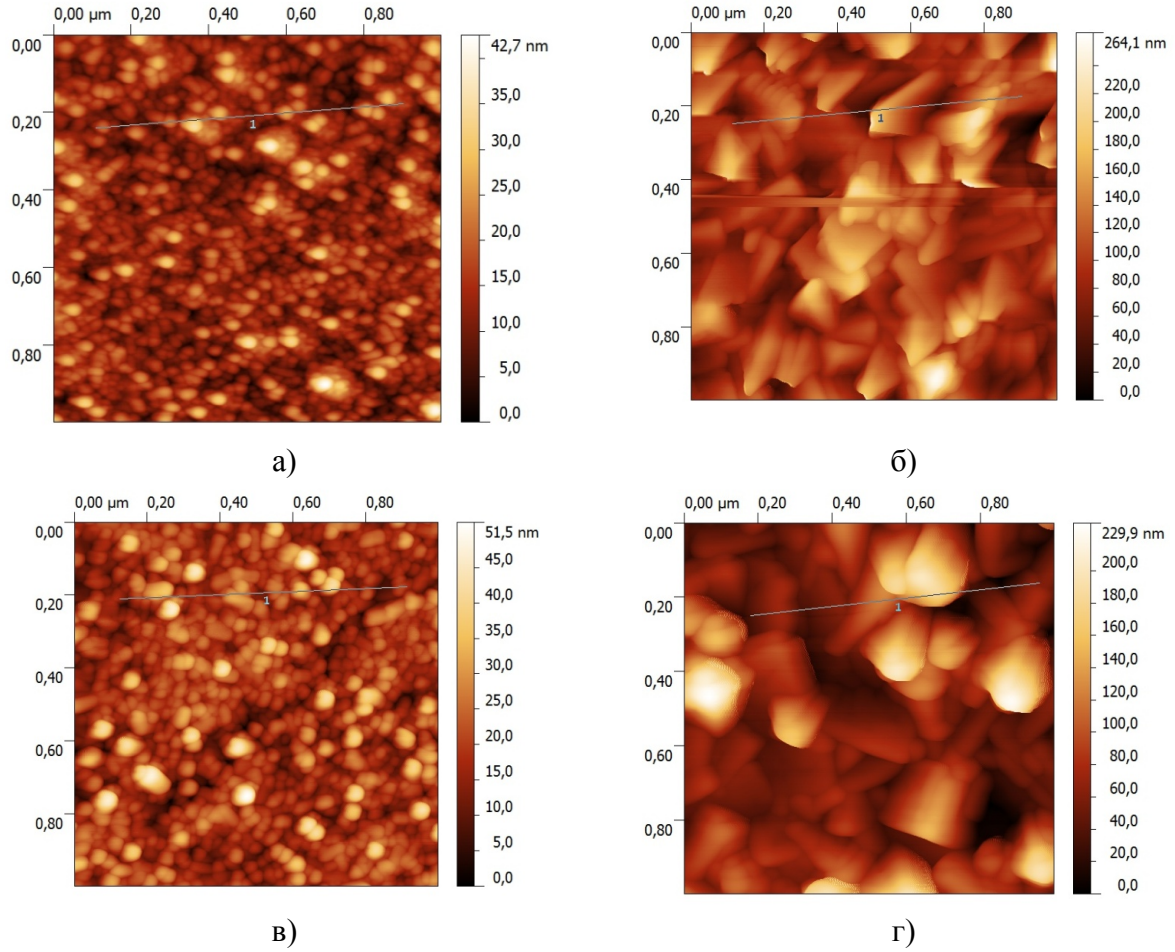


Рис. 1. АСМ-зображення поверхні плівок PbTe:Bi, осаджених на підкладки із ситалу за наступних технологічних факторів: температура підкладки T_S, K, та час осадження τ, с: 423, 15 (а); 423, 120 (б); 473, 15 (в); 473, 120 (г). Температура випаровування складала T_E = 973 K.

Отримані зразки досліджувалися методами атомно-силової мікроскопії (АСМ) Nanoscope 3a Dimention 3000 (Digital Instruments USA) у режимі періодичного контакту. Вимірювання проведені в центральній частині зразків з використанням серійних кремнієвих зондів NSG-11 із номінальним радіусом закруглення вістря до 10 нм. За результатами АСМ досліджень крім морфології поверхні за допомогою програми Gwyddion методом водорозділу визначені розміри окремих нанокристалів у латеральному напрямку та їх висоту.

Аналіз АСМ зображень поверхні показує, що осаджені структури складаються з нанорозмірних кристалітів пірамідальної форми. За допомогою програми Gwyddion методом водорозділу встановлено, що середні розміри кристалітів у перпендикулярному до поверхні напрямку для тонких плівок складають 5 – 10 нм, а у латеральному 30 – 40 нм (рис. 1, а) і є значно меншими ніж для товстих, які мають розміри 30 – 40 нм і 60 – 100 нм відповідно, а також об’єкти на поверхні тонких плівок характеризуються більш пологими вершинами.

Утворення тривимірних окремих зародків вказує на реалізацію механізму росту Фольмера-Вебера. Однак, не спостерігається утворення об’єктів чіткої групи симетрії. Це можна пояснити використанням полікристалічних підкладок із ситалу, на відміну від монокристалічної слюди [3]. Як видно, на розміри пірамідальних структур впливають і зміна часу осадження, і зміна температури підкладки. Але більш визначальним у їх геометрії є все ж таки вибір температури підкладки. Так, незначна зміна температури може спричинити збільшення розмірів наноутворень майже у 10 разів.

[1] Bilc D. I., Mahanti S. D., and Kanatzidis M. G. Electronic transport properties of PbTe and AgPb m SbTe 2+ m systems, Physical Review B 74, 12 (2006) 125202.
[2] Böttner H., Chen G., & Venkatasubramanian R. Aspects of thin-film superlattice thermoelectric materials, devices, and applications. MRS bulletin, 31(3), 2006, 211-217.
[3] Shimko A.N., Malashkevich G.E., Freik D.M., Nykyruy L.I., Lytovchenko V.G. Effect of Thermal Treatment of PbTe Films on their IR Spectra and Surface Structure, Journal of applied spectroscopy 80 (2014) 950-953.

MORPHOLOGY OF THE SURFACE OF FIBER CONDENSATES BASED ON PbTe

N. Palamar, Y. Saliy, L. Nykyruy
Vasyl Stefanyk Precarpathian National University,
PalamarNazar22@gmail.com

The AFM-images of PbTe:Bi thin films deposited on the substrates glass-ceramic (sital) are analyzed. The structure of the surface of films (size of samples was 10 x 10 mm) was investigated by Atomic Force Microscopy (AFM) using Nanoscope 3a Dimention 3000 (Digital Instruments USA). The processing of AFM data were carried out in the Gwyddion program (surface topology, nanocrystal size, etc.).

The formation of three-dimensional individual initial islands indicates the implementation of the Folmer-Weber growth mechanism. At the deposited on the sital substrate, it can see that the size of pyramidal structures is influenced by both the change in the deposition time and the change in the substrate temperature. But the more determinant in their geometry is the choice the temperature of substrate. Thus, a slight change in temperature can cause an increase in the size of nanoislands by almost 10 times.

ЕЛЕКТРОННА СТРУКТУРА ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ *InTlI* З УРАХУВАННЯМ СПІН-ОРБІТАЛЬНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

С. Сиротюк
Національний університет «Львівська політехніка»
svsnpe@gmail.com

Структурні, електронні та оптичні властивості твердих розчинів $In_xTl_{1-x}I$ вивчались теоретично й експериментально у праці [1]. Практичне застосування цих розчинів пов'язується з можливістю оперування матеріалом, ширина забороненої зони якого змінюється від 2.01 еВ (x=1) до 2.84 еВ (x=0). Дві обставини спричинили необхідність даного дослідження. Перша – занижені значення ширини забороненої зони E_g. Розраховані в [1] міжзонні щілини твердих розчинів є меншими за експериментальні. Наприклад, для концентрації x=1, тобто в кристалі InI знайдене значення E_g=1.34 еВ, тоді як експеримент дає 2.01 еВ. Це зрозуміло, оскільки теорія функціонала локальної електронної густини недооцінює E_g приблизно на 50%. Другою обставиною є відсутність у літературі даних про вплив спін-орбітальної взаємодії на формування електронного енергетичного спектру як кристалів InI та TlI, так і твердих розчинів $In_xTl_{1-x}I$.

Електронний енергетичний спектр розраховувався у базисі PAW на основі ефективного гамільтоніана з перших принципів, тобто без включення підгінних параметрів. Всі розрахунки виконувались за допомогою програми ABINIT [2]. Ефективний гамільтоніан без спін-орбітальної взаємодії виглядає так:

$$\tilde{H} = \tau^{+} H \tau = -\nabla^2 / 2 + v_{eff} + \sum_{i,j} |\tilde{p}_i > D_{ij} < \tilde{p}_j| . \quad (1)$$

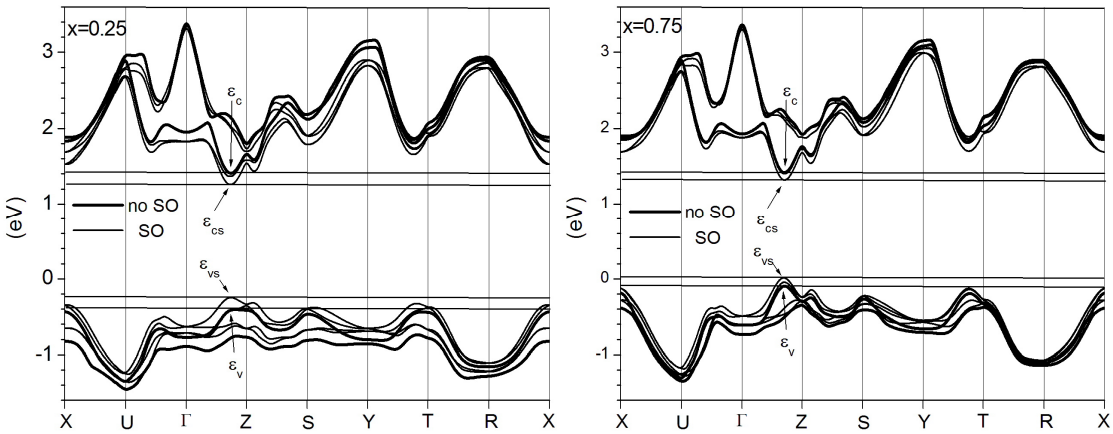


Рис. 1. Електронний енергетичний спектр твердого розчину $In_xTl_{1-x}I$, отриманий без (no SO) та з урахуванням (SO) спін-орбітальної взаємодії, для значень концентрації x =0.25 та x =0.75.

Спін-орбітальна взаємодія у базисі PAW змінює лише нелокальну частину ефективного гамільтоніана (1) [2]:

$$\tilde{H} = \tau^{+} H \tau = -\nabla^2 / 2 + v_{eff} + \sum_{i,j} |\tilde{p}_i > (D_{ij} + D_{ij}^{SO}) < \tilde{p}_j | . \quad (2)$$

Таблиця 1. Розраховані значення енергії: Ev – стеля валентної зони; Ec – дно зони провідності; Eg – ширина забороненої зони; Δ – звуження Eg, зумовлене спін-орбітальною взаємодією.

	$x = 0.25$			$x = 0.5$			$x = 0.75$		
	Ev	Ec	Eg	Ev	Ec	Eg	Ev	Ec	Eg
GGA	-0.41	1.40	1.81	-0.18	1.41	1.59	-0.10	1.40	1.50
GGA SO	-0.25	1.25	1.50	-0.10	1.35	1.44	0.00	1.32	1.32
E_g експ. [1]			2.46			2.31			2.17
E_g GW			2.80			2.42			2.31
E_g GW+Δ			2.49			2.28			2.13
Δ, eB	0.16	-0.15	-0.31	0.08	-0.07	-0.14	0.10	-0.08	-0.18

З таблиці бачимо, що звуження ширини забороненої зони відбувається за рахунок збільшення енергії стелі валентної зони та зменшення енергії дна зони провідності. Відповідні зміни для концентрації $x = 0.25$ дорівнюють 0.16 та -0.15 еВ. Отже, звуження ширини забороненої зони становить -0.31 еВ. Ширина забороненої зони, знайдена нами за допомогою методу функції Гріна, дорівнює 2.80 еВ. Після виправлення на енергію звуження вона набуває значення 2.49 еВ (рядок E_g GW+Δ у таблиці), яке добре зіставляється з експериментальною величиною 2.46 еВ.

[1] Kashuba A.I., Piasecki M, Bovgyra O.V., Stadnyk V.Yo., Demchenko P., Fedorchuk A., Franiv A.V., Andriyevsky B. Specific Features of Content Dependences for Energy Gap in $In_xTl_{1-x}I$ Solid State Crystalline Alloys. Acta Physica Polonica A. Vol. 133 (2018). P. 68–75.
[2] Gonze X., Jollet F., Abreu Araujoa F., Adams D., et al. Recent developments in the ABINIT software package. Comput. Phys. Comm. Vol. 205 (2016). P. 1–138.

ELECTRONIC STRUCTURE OF *InTlI* SOLID SOLUTIONS EVALUATED WITH THE SPIN-ORBITAL INTERACTION

S. Syrotyuk
Lviv Polytechnic National University
svsnpe@gmail.com

For the first time the influence of the spin-orbital interaction on the electronic energy spectrum of solid solutions of the system *InTlI* was studied on the basis of calculations from the first principles. At the first stage, calculations have been performed within the GGA approach. The next step was performed with the inclusion of spin-orbital interaction. At the third stage, the quasiparticle calculations have been done within the Green's function theory, namely in the GW approximation. The fourth step was to take into account the value of the energy of narrowing the width of the band gap caused by spin-orbital interaction. Corrected values of the bandgap width are very well matched with the experiment.

ВАРИСТОРНО-СЕНСОРНИЙ ЕФЕКТ У КЕРАМІЦІ НА ОСНОВІ SnO_2 З ДОБАВКОЮ Sb_2O_5

Т. Горошко, І. Скуратовський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
goroshkotanya95@gmail.com

Варисторна кераміка на основі діоксиду олова в останні роки досліджується досить інтенсивно після отримання перших матеріалів з високою нелінійністю вольт-амперної характеристики (ВАХ), порівнянної з нелінійністю ВАХ відомої оксидно-цинкової варисторної кераміки (ОЦВК) [1, 2].

Дослідження показали, що добавка оксиду вісмуту, яка забезпечує спікання кераміки за участю рідкої фази і необхідна для формування високих потенційних бар'єрів на межах зерен ОЦВК, в кераміці на основі діоксиду олова приводить до істотного зниження потужності, що розсіюється і пробою при низьких значеннях електричного струму.

Крім цього довгий час не вдавалося отримати варисторну кераміку на основі діоксиду олова з малими значеннями класифікаційної напруженості електричного поля (значення напруженості електричного поля при щільності струму 1 мА / см^2).

У даній роботі для зниження значення електричного поля застосовувалася добавка оксиду сурми, яка є відомою донорною добавкою в діоксиді олова.

Механізм електропровідності варисторної кераміки базується на моделі переносу заряду через потенціальні бар‘єри на межах зерен. Висота потенціальних бар‘єрів досить сильно зменшується зі зростанням напруги на варисторній (або високонелінійній) ділянці ВАХ.

В роботі досліджувались електрофізичні властивості кераміки на основі діоксиду олова з добавками CoO, B_2O_3, Cr_2O_3, Sb_2O_5.

Кераміку отримано за стандартною технологією, що включає змішування вихідних компонент з додаванням етанолу, пресування зразків під тиском 60 МПа та випалювання при температурі 1350 °С протягом 1 години.

Електричні параметри отриманої кераміки приведені в таб. 1.

Таблиця 1

Електричні параметри досліджуваної кераміки системи SnO_2 – 1 мол.% CoO – 0.1 мол.% Cr_2O_3 – 0.1 мол.% B_2O_5 з добавками

Добавка, мол. %	β	E_1, В см$^{-1}$	S, см В$^{-1}$
0.25 Sb_2O_5	24.4	2035	17
0.03 Sb_2O_5	20	1550	220
0.05 Sb_2O_5	17	950	115

Як видно з таблиці 1, отримано низьковольтну кераміку з доволі високими для таких напруженостей поля значеннями коефіцієнту нелінійності β. При цьому кераміка відрізняється чутливістю електропровідності до відносної вологості оточуючого повітря [3]. Коефіцієнт вологочутливості (відношення струму при відносній вологості 93% до струму при відносній вологості 10% при фіксованій напрузі на омічній ділянці ВАХ).

Мінімальне значення класифікаційної напруженості поля для кераміки складає 950 В $см^{-1}$ при вмісті оксиду сурми 0.05 мол. %. При цьому досить значною є і чутливість до вологості повітря у кераміці.

Таким чином, отримано низьковольтну варисторну кераміку на основі діоксида олова в системі SnO_2-Co_3O_4-Cr_2O_3-B_2O_3-Sb_2O_5, яка може використовуватись також як сенсор відносної вологості повітря при роботі на омічній ділянці ВАХ, тобто функціональний прилад з подвійними властивостями. Слід зазначити, що варисторний та сенсорний ефекти в кераміці не перекриваються за робочими напругами.

Значення енергії активації електричної провідності (що майже співпадає з висотою потенціальних бар'єрів на межах зерен для варисторної кераміки) для матеріалу з вмістом 0.05 мол. % Sb_2O_5 складає величину близько 0.6 еВ.

Дослідження мікроструктури отриманих зразків показали, що середній розмір зерен кераміки складає близько 7-12 мкм.

Сурма є відомою донорною домішкою для діоксиду олова. Таким чином, ймовірно, що оксид сурми розчиняється у ґратці SnO_2 та збільшує провідність зерен кераміки за рахунок утворення мілких донорних рівнів у забороненій зоні.

[1] Pianaro S. A., Bueno P. R., Longo E., Varela J. A. A new SnO_2-based varistor system // Journal of Material Science Letters. Vol. 14, № 10. (1995) P. 692-694.
[2] Glot A. B., Skuratovsky I. A. Non-Ohmic conduction in tin dioxide based varistor ceramics // Materials Chemistry and Physics. Vol. 99, № 2–3. (2006) P. 487-493.
[3] Skuratovsky I., Glot A., Traversa E. Modelling of the humidity effect on the barrier height in SnO_2 varistors // Materials Science and Engineering: B. Vol. 128, № 1–3. (2006) P. 130-137.

VARISTOR-SENSOR EFFECT IN SnO_2 BASED CERAMICS WITH ADDITION OF Sb_2O_5

T. Goroshko, I. Skuratovskiy
Oles Honchar Dnipro National University
goroshkotanya95@gmail.com

The low voltage tin dioxide based ceramics in a system SnO_2-CoO-Bi_2O_3-Cr_2O_3 with addition of Sb_2O_5 was obtained by the conventional mixed oxides route. The electrical properties of the obtained materials was studied.

Addition of Sb_2O_5 leads to decreasing of electrical field (E_1 = 950 - 1500 V cm^{-1}) and nonlinearity coefficient (β = 10 – 20).

Voltage-current characteristics of ceramics are studied in respect of different amount of antimony oxide addition in the range of 0.025 – 0.05 mol.% and the variation of relative humidity of air between 10 and 93 %. The variation of relative humidity leads to the shift of low field part of voltage-current characteristic to higher currents at higher relative humidities. Though highly nonlinear part of voltage-current characteristic is independent on relative humidity. Sensitivity coefficient is equal to 100 – 200.

The reason of the existence of quite high humidity sensitivity at low electric fields for tin dioxide based ceramics with high nonlinearity coefficient can be grain boundary potential barriers which control the conduction at low electric fields changing their heights at the variation of relative humidity and which are responsible for high field non-Ohmic behaviour of studied ceramics.

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ДЕФОРМАЦІЙ КРИСТАЛІВ ШТУЧНОГО АЛМАЗУ МЕТОДОМ ДИФРАКЦІЇ ЕЛЕКТРОНІВ

П. Пинюк, М. Борча
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
pashapinyk@gmail.com

Комплексні зональні структури монокристалів, зокрема алмазу та його плівок, мають малі розміри, тому дослідження їх фізичних, механічних, та пружних властивостей супроводжується рядом труднощів. Для аналізу таких кристалічних структур використовується метод дифракції електронів на відбивання (метод Кікучі). Він дозволяє вимірювати пружну деформацію з точністю до 10^{-3} та поворот гратки з точністю 1-0,5° в об'ємних зразках з використанням звичайного скануючого електронного мікроскопа [1, 2].

В даному методі інформація про зразок пов’язана з формою і розподілом інтенсивності смуг, а також з відстанями між перетинами смуг (вузлами). Тому, для визначення зміни параметрів гратки поверхневого шару необхідно максимально точно визначити відстань між перетинами ліній. Виконання таких операцій в ручному режимі не дає високої точності. Тому для автоматизованої обробки експериментальних зображень розроблено алгоритм і виконана програмна реалізація кореляційного методу в середовищі Delphi [1].

Для коректної та однозначної реконструкції зображень розв’язувались обернені задачі із застосуванням методів кореляції, фільтраці та регуляризації [2, 3]. Відповідне програмне забезпечення розроблено в програмному середовищі MatLab.

[1] Fodchuk M., Borcha M. D., Khomenko V. Yu., Balovsyak S. V., Tkach V. M., and Statsenko O. O. A Strain State in Synthetic Diamond Crystals by the Data of Electron Backscatter Diffraction Method // Journal of Superhard Materials. – 2016. – V.38, No 4. – pp. 271–276.
[2] T.J. Ruggles, G.F. Bomarito, R.L. Qiu, J.D. Hochhalter, New levels of high angular resolution EBSD performance via inverse compositional Gauss-Newton based digital image correlation, Ultramicroscopy (2018), pp. 85–92.
[3] Сизиков В. С. Обратные прикладные задачи и MatLab. Учебное пособие. 2011, 74–94.

DETERMINATION OF THE DISTRIBUTION OF CRYSTAL DEFORMATIONS OF ARTIFICIAL DIAMOND BY ELECTRON DIFFRACTION METHOD

P. Pynuk, M. Borcha
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
pashapinyk@gmail.com

The paper considers the possibility of determining the distribution of deformations in single crystals, in particular diamond, by the method of diffraction of electrons by reflection (the Kikuchi method). This makes it possible to obtain information about the mechanisms of formation of a real crystal structure in the process of diamond synthesis and information about the dependence of properties on its internal structure.

ГРАНИЧНІ УМОВИ ДЛЯ БАГАТОЗОННИХ МОДЕЛЕЙ НАНОКРИСТАЛІВ

Р. Лешко
Дрогобицький державний педагогіний університет імені Івана Франка
leshkoroman@gmail.com

Сучасний розвиток технологій напівпровідникових гетеросистем уможливлює виготовляти різноманітні наноструктури такі як квантові точки (КТ), дроти, плівки та їх поєднання. Саме ці такі системи широко використовуються у сучасні електроніці.

На сьогодні існують теорії, що описують значне число властивостей наносистем. Також існують моделі, що описують системи з малими розмірами (до 100 атомів), на основі підходів з базових принципів квантової механіки і вимагають складних обчислень. Для більших за розмірами наносистем зручно використовувати теорію ефективної маси. Оскільки валентна зона більшості напівпровідників є виродженою у центрі зони Бріллюена, може містити близько розташовану спін-відщеплену зону, тому для адекватного обчислення діркових станів важливо використовувати багатозонні моделі такі як: метод Латтінджера, сферичне наближення Балдереші-Ліпарі і, так звані, широковідомі 3-, 4- , 6-, 8-зонні моделі. Зокрема наявність просторового обмеження для дірок може зумовити розщеплення вироджених зон легких і важких дірок. Теорія зазначених моделей для масивних кристалів добре розвинута, однак для наносистем є деякі проблеми. Це зумовлено наявністю меж поділу середовищ, що веде до необхідності зшивання огинаючих функцій. Тому необхідні адекватні граничні умови.

У цій роботі подано методику отримання граничних умов для 3-, 4- , 6-, 8-зонних моделей валентної зони для сферичних КТ і виведено ці умови. На відміну від інших робіт, отримано аналітичні вирази для усіх цих моделей. Проведено порівняння результатів діркових спектрів на основі отриманих граничних умов і чисельних методів та методик, що описані в інших роботах. Отримані результати збігаються з відповідними результатами інших робіт. Однак отримані у цій роботі граничні умови є порівняно простими, записані в аналітичній формі і у граничних випадках, коли нехтується інші зони, переходять у широковідомі граничні умови Бенденіела-Дюка. Отримані аналітичні вирази зручно застосовувати для аналітичних розрахунків, зокрема для побудови теорії діркових станів у відритих КТ. Останні містять додаткові канали релаксації носіїв, що можна використовувати у різноманітних оптоелектронних схемах.

BOUNDARY CONDITIONS for MULTIBAND MODELS OF NANOCRYSTALS

R. Leshko
Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University
leshkoroman@gmail.com

In the proposed work the boundary conditions for 3-, 4-, 6-, 8-zone valence band models for spherical quantum dots are presented and these conditions are derived. In contrast to the available literature, analytical expressions for all these models are obtained. A comparison of the results of hole spectra on the basis of the obtained boundary conditions and numerical methods and techniques described in other works are carried out. The obtained results coincide with the corresponding results of other works

ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК ТА КВАНТОВО-РОЗМІРНИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ CdTe

Т. Мазур [1], В. Прокопів [1], М. Сльотов [2], О. Сльотов [2]
[1] *ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»*
[2] *Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*
tetyana.m.mazur@gmail.com

Телурид кадмію на даний час є однією з II-VI речовин, які активно використовуються у сонячній енергетиці. Для виготовлених на його основі приладів важливим залишається питання здешевлення методу отримання при високій якості матеріалу. Тому важливим питанням постає як пошук відносно простого методу отримання тонких плівок CdTe, так і подальшої їх обробки з метою вдосконалення базових параметрів, характеристик і властивостей.

Плівки CdTe отримувалися методом гарячої стінки [1]. Осадження проводилося на підігріті підкладки слюди, а товщина задавалась часом розпилення і контролювалась оптичними методами. Оптичні властивості контролювалися на універсальній установці за вимірюванням пропускання, відбивання і люмінесценції за класичними методиками і з використанням методу λ-модуляції. Останній істотно підвищував точність визначення базових параметрів і чутливість вимірювань характеристик і параметрів осаджених плівок. В якості підкладок використовувалися підкладки слюди, розігріті до $T \sim 200$ °C. Обраний метод осадження при визначених оптимальних температурних режимах випарника, стінки та підкладки забезпечували умови, максимально наближені до рівноважних з відповідною морфологією поверхні. Це підтверджується дослідженнями диференціальних спектрів пропускання T'_ω і відбивання R'_ω. За ними визначено базові параметри зонної структури, які становлять $E_g = 1{,}50$ еВ та спін-орбітальне розщеплення $\Delta_{so} = 0{,}9$ еВ. Характер спектрів відбивання свідчать про однаковість розмірів і рівномірність розміщення по поверхні осадженої плівки.

Оскільки для збільшення ефективності до 15 % поверхнево-бар'єрних фотоелементів використовується їх відпал, то при аналогічних умовах проведена термообробка досліджуваних плівок CdTe при 700-1000 К. Це дозволило отримати наноструктуровану поверхню. Про її утворення свідчить зміщення максимуму пропускання T'_ω до $\hbar\omega = 1{,}3$ еВ. Зазначимо, що диференціальні криві оптичного відбивання R'_ω повторюють незмінність положення особливості при $\hbar\omega = 1{,}5$ еВ. Це вказує на утворення модифікованої поверхні плівок CdTe. Про їх утворення також свідчить формування достатньо інтенсивної фотолюмінесценції, яка на базових плівках не спостерігається. Її спектральний розподіл характеризується двома смугами *A* і *B* з відповідними максимумами при енергіях фотонів $\hbar\omega_1 = 1{,}5$ еВ і $\hbar\omega_2 = 2{,}95$ еВ. Властивості випромінювання смуги *A* можуть бути пояснені міжзонною рекомбінацією вільних носіїв заряду і анігіляцією екситонів. Кожен з цих генераційно-рекомбінаційних процесів визначає процес утворення відповідної складової смуги *A*. Високоенергетична смуга *B* може бути пояснена квантово-розмірними процесами. Велика півширина смуги і розтягнутий максимум зумовлені дисперсією розмірів і форми малих зерен, які спостерігаються при візуальному спостереженні під мікроскопом при великому збільшенні, а також за атомно-силовою мікроскопією. Саме різноманітна форма зерен та їх розміри зумовлюють розмірне квантування енергії носіїв заряду на утворених наноструктурах.

[1] О.Л. Соколов, В.Ю. Потяк, І.С. Білина Особливості формування тонких плівок CdTe на ситалових і скляних підкладках у методі "гарячої стінки" // Фізика і хімія твердого тіла, Т.13, № 1 (2012) с. 83-87.

PROPERTIES of FUELS and QUANTUM-DIMENSIONAL STRUCTURES BASED on CdTe

T. Mazur [1], V. Prokopiv [1], M. Slyotov [2], O. Slyotov [2]
[1] *Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*
[2] *Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*
tetyana.m.mazur@gmail.com

Cadmium telluride is a promising material for its applications in solar-energy converters, X- and gamma-radiation detectors, which operate at room temperatures, due to the special complex of its physical and chemical properties.

The thermal treatment of the studied films CdTe at 700-1000 K was performed. This allowed to obtain a nanostructured surface. About its formation is the displacement of the maximum transmission T'_{ω} to $\hbar\omega = 1.3$ eV.

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ТЕРМОНАПРУЖЕННЯМИ ТА КОМПОНЕНТАМИ ТЕПЛОПЕРЕНОСУ

І. Матяш, І. Мінайлова, О. Міщук, Б. Сердега
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України
irinaminailova125@gmail.com

В нашій роботі мова піде про дві фізичні обставини – термопружний ефект і оптичний спосіб його реєстрації. Термопружний ефект виникав внаслідок нерівномірного градієнта температури у скляному зразку (N-SF), який охолоджувався безконтактно за допомогою термоелектричного елемента на декілька градусів. Таким чином зразок втрачав внутрішню енергію за рахунок теплового випромінювання, іншими словами відбувалось радіаційне охолодження зразка. Для вимірювання малих значень механічної напруги, які були викликані малим градієнтом температури, використовувалась техніка модуляційної поляриметрії (МП) [1] здатна достовірно реєструвати всі особливості процесу. Вивчення часових і просторових співвідношень механічних напружень викликаних радіаційною, кондуктивною і конвективною компонентами (механізмами) теплопереносу під дією радіаційного охолодження скляного зразка є головною метою дослідження.

В основу експерименту покладено вимірювання механічної напруги σ(t) в дискретних координатах зразку 1 ÷ 20 мм від охолоджуваної поверхні. Аналіз однієї з цих залежностей σ(t) докладно описано в [2]. Суть аналізу полягав у використанні математичної апроксимації до σ(t), форма якої має ознаки трьох компонент з різними параметрами релаксації. Кожна з кривих σ(t) була відтворена кривою, що складалася з

трьох експонент. Амплітуди і параметри релаксації експонент були визначені з аналізу експериментальних даних. Ці відомості стали основою для розкладання залежностей $\sigma(t)$ на компоненти у вигляді трьох механізмів теплопереносу - радіаційної $\sigma_{rad}(t)$, кондуктивної $\sigma_{cond}(t)$ і конвективної $\sigma_{conv}(t)$.

Наступним кроком перетворено ці часові залежності в просторові $\sigma_{cond}(y)$, $\sigma_{rad}(y)$ і $\sigma_{conv}(y)$, використовуючи для кожної координати відповідні амплітуди $\sigma_{rad}(t)$, $\sigma_{cond}(t)$ і $\sigma_{conv}(t)$. Якщо порівняти всі три координатні залежності $\sigma_{cond}(y)$, $\sigma_{rad}(y)$ і $\sigma_{conv}(y)$ між собою, то можна зробити наступний висновок. Радіаційна компонента теплопереносу реагує в перші секунди радіаційного охолодження зразка і індукує механічне напруження. Приповерхнева частина зразка охолоджувалася і утворювався неоднорідний градієнт температури, який був причиною кондуктивної компоненти. Співвідношення компонент теплопередачі змінювалося з кожною секундою охолодження зразка. Також зауважимо, що кондуктивна компонента має переважно додатній знак, радіаційна - додатній і від'ємний знаки, а конвективна - від'ємний знак. Це можна пояснити тим, що кондуктивна компонента відповідає за внутрішню передачу енергії (температури) в зразку, конвективна - за зовнішнє відведення тепла, а радіаційна - за внутрішнє і зовнішнє випромінювання. Іншими словами, якщо кондуктивна і радіаційна компоненти є джерелом тепла, яке надходить з більш нагрітих частин зразка, то конвективна і радіаційна сприяють тепловідводу. Здвиг екстремумів уздовж y-координати свідчить про поширення теплового потоку. Походження цих екстремумів пов'язано з координатою максимальної кривизни температурної функції. Якщо зобразити здвиг екстремумів в напівлогарифмічному масштабі залежностей $\sigma_{rad}(y)$ і $\sigma_{cond}(y)$, то отримаємо рис. 1, де видно, що координати обох кривих знаходяться в майже лінійної залежності від часу з часом експонент τ_{rad} = 5 с і τ_{cond} = 63 с. Майже лінійна залежність $\sigma_{rad}(y)$ показує тепловий процес чистої радіаційної природи, тобто без значного впливу двох інших теплових процесів. Час експоненти близько τ_{cond} = 63 с говорить про те, що на фонон-фононну взаємодію потрібно більше часу, ніж на радіаційний теплоперенос, природа якого полягає у поглинанні-випромінюванні енергії. Здвиг екстремумів відсутній в просторових залежностях конвективного механізму теплообміну. У нашому експерименті вплив конвективної компоненти є мінімальним через відсутність примусової конвекції. Ми спостерігали тільки вплив конвективної складової на розподіл механічної напруги за рахунок розмірного ефекту.

Після диференціювання обох залежностей на рис.1, отримуємо рис.2, на якому зображено відносні швидкості теплового фронту [3] радіаційного V_{rad} і кондуктивного V_{cond} механізмів теплопереносу в момент часу t.

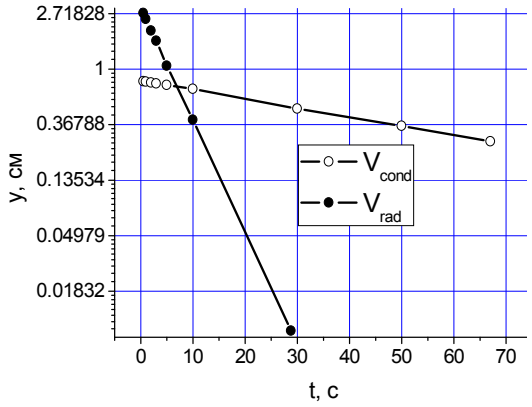


Рис. 1. Часові залежності екстремумів функцій $\sigma_{rad}(y)$ і $\sigma_{cond}(y)$

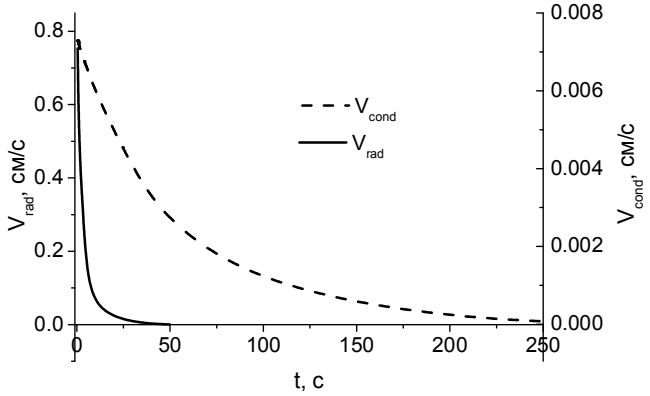


Рис. 2. Відносні швидкості теплового фронту радіаційного V_{rad} та кондуктивного V_{cond} механізмів теплопереносу

Практична значимість роботи полягає у проведені діагностики теплопровідних, радіаційних і оптичних властивостей матеріалу, змінюючи матеріал зразка при збереженні зовнішніх умов експерименту.

[1] Berezhinsky L.I., Berezhinsky I.L., Grigorev O.N., Serdega B.K., Ukhimchuk V.A. Investigation of residual stresses on the boundary of SiC/SiC+20% TiB2 composite materials joining by optic modulation–polarization method. Journal of the European Ceramic Society. Vol. 27. (2007). 2513-2519.
[2] Minailova I.A., Matyash I.Ye., Serdega B.K., Stetsenko M.O., Maksimenko L.S., Rudenko S.P. Thermoelasticity component analysis in glasses during radiation cooling. IEEE international young scientists forum on applied physics and engineering (YSF-2017). Book of papers. (Lviv, Ukraine, 17-20 October 20170. P.84.
[3] Nakayama Y. Introduction to Fluid Mechanics. Butterworth-Heinemann (2000). 322p.

RELATIONS BETWEEN THERMAL STRESS AND HEAT TRANSFER COMPONENTS

I. Matyash, I. Minailova, B. Serdega
Lashkarev Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine
irinaminailova125@gmail.com

An optical method of registration of optical anisotropy (birefringence) in glasses is offered. The optical anisotropy was caused by a non-uniform temperature field during radiation cooling. The measurement method is based on the modulation of polarization of laser radiation transmitted through the anisotropic area and the definition of its anisotropy parameters by means of this modulation. Phase differences between orthogonal components of linearly polarized light are linearly dependent on a mechanical stress magnitude. Detectability of the modulation polarimetry technique was high and ensured the registration of the mechanical stresses during radiative cooling by a fraction of a degree. Time dependence of the stress σ(t) in various coordinates of the sample demonstrates a complicated and variable dependence during the measurement. Components related to radiation, conductive and convective heat transfer mechanisms are obtained from the σ(t) dependence. Relaxation parameters of these components are determined.

ДЕФЕКТИ НЕСТЕХІОМЕТРІЇ У КРИСТАЛІЧНІЙ СТРУКТУРІ СИЛЕНІТІВ КРЕМНІЮ

В. Глушко, Т. Панченко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
informzapyt@dnu.dp.ua

Увага до кристалів силенітів $Bi_{12}MO_{20}$ (M = Ge, Si, Ti та кристали BMO, BGO, BSO, BTO, відповідно) обумовлена наявністю фоторефрактивного ефекту та високої світлочутливості. Завдяки цим властивостям вони інтенсивно використовуються лля запису, зберігання та передачі оптичної інформації, зокрема, в світломодулюючих

пристроях та пристроях динамічної голографії. Однак питання про механізм впливу власних дефектів структури на ці властивості через їх вплив на фундаментальне оптичне поглинання залишається мало вивченим. .

Кристали зі структурою силеніту представляють формулою $Bi_{12}MO_{20}$, де крім M = Ge, Si, Ti може бути $M = M^1 + M^2$ – елементи з валентністю 1, 2, 3 (M^1) або 3, 4, 5 (M^2). Вони кристалізуються в об'ємноцентрованій кубічній (ОЦК) решітці просторової групи T^3 (123). Входження замість Ge, Si або Ti інших іонів веде до появи напруг, зняття яких здійснюється за рахунок викривлень або дефектності M-тетраедрів. Відомо, що параметр комірки й щільність силенітів залежать від технології їх синтезу та дефектів.

У даній роботі вивчалось фундаментальне оптичне поглинання кристалі BSO із різною концентрацією дефектів нестехіометрії. Кристали були вирощені за методом Чохральського. Концентрація власних дефектів у кристалічних підгратках Bi та Si варіювалась за рахунок відхилення співвідношення Bi:Si у шихті у межах 10,5 ÷ 14 мол.%. Крім стехіометричних кристалів BSO були одержані кристали BSO+Bi із надлишком вісмуту та BSO-Bi з його дефіцитом. Зразки кристалів готувались у вигляді полірованих вигляді пластин, товщина яких *d* становила 200 ± 10 μm.

За допомогою спектрофотометра Specord M40 були виміряні спектри оптичного пропускання T від енергії квантів світла hν у діапазоні hν =2,0 – 3,4 eV в області температур t = 80÷ 300K (Рис. 1). Зі спектрів пропускання T(hν) були розраховані спектри фундаментального оптичного поглинання α(hγ, t).

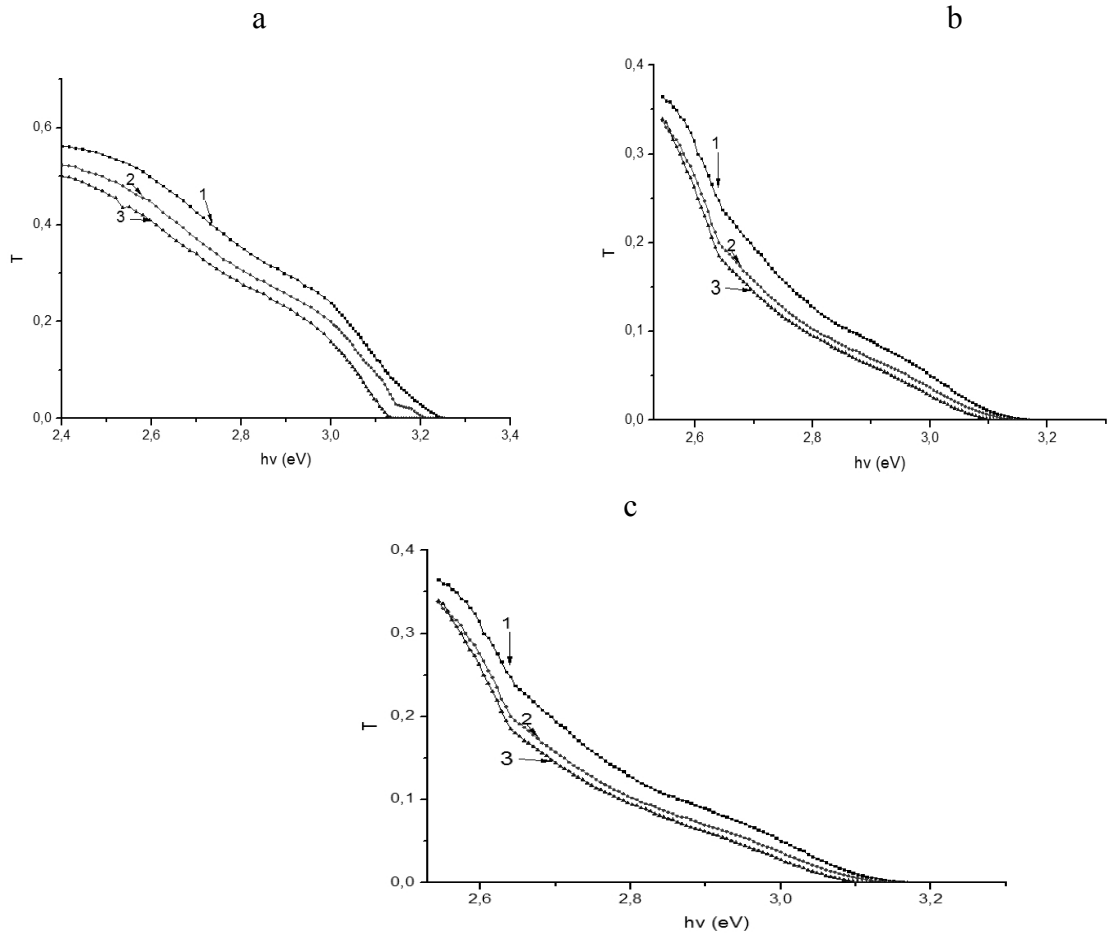


Рис. 1. Залежності оптичного пропускання від енергії квантів світла для кристалів BSO-Si (a), BSO+ Si (b) та BSO (c). Криві 1, 2, 3 одержані для температур t = 103, 150, 228 K, відповідно.

Одержані результати показують, що надлишок вісмуту обумовлює зменшення пропускання світла T(hν t), тоді як дефіцит вісмуту – його збільшення відносно кристалів стехіометричного складу (рис.1, a,b, c), У спектрах α(hγ, t), навпаки, спостерігаємо збільшення і зменшення фундаментального оптичного поглинання. Було з'ясовано також, що залежності α(hγ, t) підкорюються правилу Урбаха. Температурні залежності ізоабсорбційної ширини забороненої зони $E^{\alpha=const}(t)$ для кристалів BSO, BSO+Bi, BSO-Bi містять деякі особливості, які розглянуто у припущенні про температурну залежність взаємодії електронів із зарядженими дефектами структури.

Одержані результати можуть бути враховані при розробці пристроїв запису оптичної інформації.

DEFECTS OF NONSTOCHIOMETRY IN THE CRYSTALL STRUCTURE OF SILICON SILLENITES

V. Hlushko, P. Tetyana
Oles Honchar Dnipro National University
informzapyt@dnu.dp.ua

Investigated defects of nonstechiometry by the ratio Bi:Si on the fundamental optical absorption of crystals $Bi_{12}SiO_{20}$ in energy range of light quanta 2,0 – 3,4 eV in energy range 80÷ 300K. It is shown, that the excess of bismuth causes growth, and its deficit is a decrease in fundamental absorption . Considered the implementation of the Urbach rule, the features of temperature dependences of isoabsorption width of the forbidden zone of investigated crystals are discussed.

ВПЛИВ ЗАСВІТЛЕННЯ НА ДІЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ $PbMoO_4$

Т. Ємець, М. Волнянський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
tarasvyemets@gmail.com

Кристали молібдату свинцю ($PbMoO_4$) є ізоморфними, за структурою вони відносяться до класу шеєлітів. Молібдат свинцю є перспективним матеріалом для виготовлення ряду сучасних приладів. Властивості кристалу дозволяють застосовувати його в акустооптиці, лазерах. Вивченю цих кристалів присвячено доволі багато робіт [1]. Але єдиної думки щодо природи та поведінки дефектів в кристалах та їх впливу на властивості кристалу не сформовано. Точно встановленно, що на властивості кристалів впливає багато факторів, серед яких різні зовнішні впливи.

В роботі дослідженно вплив освітлення на температурні залежності діелектричної проникності та провідності кристалу молібдату свинцю. Експеримент полягав у тому, щоб засвітити кристал світлом з певною довжиною хвилі, а потім зняти температурні залежності діелектричної проникності та провідності. Вимірювання цих параметрів відбувалося мостовим методом за частоти змінного електричного поля 1 та 10 кГц. Засвітлення проводилося ультрафіолетовою лампою та світодіодами з

довжинами хвиль 365 нм (ультрафіолетовий), 405 нм (фіолетовий), 576 нм (зелений) та 520 нм (червоний). Після кожного вимірювання параметрів засвітленого діоду проводилося контрольне вимірювання, яке мало на меті визначити, чи зберігається вплив засвітлення після нагрівання та охолодження зразку.

В цьому зразку молібдату свинцю незалежно від освітлення існує пік діелектричної проникності за температури 460 К. При контрольних вимірюваннях даний пік зберігався, його амплітуда мало залежила від потужності освітлення. Аналогічного піку в темсперетурній залежності провідності не спостерігалося. Отже, дефекти, які впливають на утворення цього піку не приймають участі в процесах провідності.

Також при завсітлені зразку ультрафіолетовим та фіолетовим світлом, яке має більшу енегрію ніж червоне та зелене світло, з'являється різкий пік за температури 390 К. Цей пік не спостерігається при контрольних вимірюваннях, тобто дефекти, які його формують, руйнуються в процесі нагріву. Положення цього піку також мало залежить від довжити хвилі світла, яким опромінювався зразок, але спостерігається залежність амплітуди цього піку від потужності світла. Аналогічний пік спостерігався і на температурній залежності провідності кристалу, отже дефекти, які його створюють приймають участь і в процесі провідності.

Для встановлення природи широкого піку проведені вимірювання температурної залежності діелектричної проникності за частоти 10 КГц. Встановлено, що збільшення частоти призводит до зсуву широкого піку в сторону більших температур. А положення різкого піку майже не змінювалося за зміни частоти.

Отже, дефекти, які формують вузький та широкий максимум на температурній залежності діелектричної проникності кристалу молібдату свинцю, мають різну фізичну природу. Поведінка широкого піку свдчить про його зв'язок з поляризаційними дефектами. Вузький пік утворюється дефектами, які мають властивість термічно руйнуватися. Природа таких дефектів розглянута у роботі [2]. Природа даних центрів потребує подальшого вивчення.

[1] Волнянський М.Д., Кудзин А.Ю., Пляка С.Н., Баласме З. Фотоиндуцированная диелектрическая проницаемость в молибдате свинца. Физика твердого тела. Вип. 10. (2005). С. 1783-1787.

[2] Buryi M., Laguta V., Fasoli M., Moretti F., Trubitsyn M., Volnianskii M., Vedda A., Nikl M. Electron self-trapped at molybdenum complex in lead molybdate: An EPR and TSL comparative study. Journal of Luminescence. Vol. 192. (2017). P. 762-774.

INFLUENCE OF ILLUMINATION ON THE DIELECTRIC PROPERTIES OF $PbMoO_4$ CRYSTALS

T. Yemets, M. Volnianskiy

Oles Honchar Dnipro National University

tarasvyemets@gmail.com

Lead molybdate crystals are very convenient for modern electronic devices. Their properties are not enough discovered.

The temperature dependences of dielectric perceptibility and conductivity of lead molybdate were discovered in this work. The idea of experiments was to light up the crystal and made measurements of the dependences of dielectric perceptibility and conductivity after

that. The measurements were obtained by the bridge methods with electric field frequency 1 and 10 kHz. The irradiation was made by ultraviolet lamp and LEDs with the wavelength equal to 365 nm, 405 nm, 576 nm and 520 nm. To check the influence of light after heating the controls measurements were obtained.

The measurements shown the wide maximum of dielectric perceptibility on the temperature in 460 K. This maximum did not have strong dependences from the wavelength of irradiated light and from the power of irradiating. But the temperature dependences of conductivity didn`t have corresponding maximum. So the defects caused this maximum didn`t take part in conductivity processes.

The irradiation with the UV and violet light caused narrow maximum around the temperature in 390 K. In control measurements this maximum disappeared. This mean that its reasons were destroyed during heating. Also this maximum had corresponding maximum on the dependences of conductivity.

The measurements with electric field frequency in 10 kHz were made to check the reasons of width maximum. The measurements shown that higher frequency made the temperature of width maximum bigger and the temperature of narrow maximum was about the same.

So we can conclude that the defects causing width and narrow maximums have different origin. The width maximum can be caused by polarization and the narrow one can be caused by some centers which could be destroyed with heating. But the origin of this defects needs more research.

WEB-ДОДАТОК ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ОСЦИЛОГРАМ ДВІЙКОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ

О. Івон, В. Істушкін
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
aii_vel93@i.ua

При розробці сайтів наукової спрямованості виникає потреба у web-додатках не тільки виключно інформаційних, але й прикладного характеру, які надають можливість користувачу безпосередньо на web-сторінці виконувати розрахунки і моделювання.

Значні можливості для моделювання надає технологія Canvas, яка дозволяє використовувати на web-сторінках векторну графіку без залучення додаткового програмного забезпечення. Можливість використовувати таку графіку у мові HTML, що підтримує тільки растрову графіку, з'явилась з версії HTML 5, в який застосовано тег <canvas> для створення на web-сторінці прямокутної області – полотна. В межах полотна за допомогою програм, реалізованих мовою JavaScript, можна створювати векторні зображення. Це надає можливість при використанні таймерів, створених методом setTimeout() об'єкту window та методів і властивостей об'єкту canvas, моделювати в реальному часі процеси і відображати їх засобами векторної графіки.

Метою даної роботи є розробка прикладного web-додатку для моделювання у реальному часі осцилограм двійкових лічильників цифрової електроніки.

Додаток реалізовано засобами мов HTML 5, CSS 3 та JavaScript. Він дозволяє моделювати часові діаграми трьохрозрядних двійкових лічильників: кільцевого, Джонсона, двійкових підсумувального та віднімального, двійкових з коефіцієнтами лічення 3, 4, 5, 6, 7. Вигляд web-сторінки додатку у випадку моделювання часових діаграм кільцевого лічильника показано на рис. 1. Сторінка містить зображення чотирьохпроменевого осцилографа, генератора прямокутних імпульсів і схему кільцевого лічильника, на виходах Q1, Q2, Q3 якого розташовані приховані поля форм для виведення поточних значень логічних сигналів 0 та 1. Таке ж поле розташоване біля входу «Скидання», що дає можливість користувачу уводити до нього 0 та 1 з метою дослідження осцилограм при таких значеннях логічних сигналів на цьому вході.

Для наближення до реальних умов дослідження осцилограм на генераторі імпульсів і осцилографі створені кнопки, які дозволяють вмикати та вимикати ці пристрої. При увімкненні осцилографа (клік на кнопці «Вкл.») випромінює червоний світлодіод, розташований біля кнопок, і на екрані осцилографа, створеного за допомогою тегу <canvas> як полотно розмірами 300×240 пікселів, з'являються чотири розгортки. Використано чорний колір фону полотна на якому лінії відображаються білим кольором. Прорисовка ліній масштабної сітки осцилографа і осцилограм сигналів реалізується в скриптах за допомогою відповідних методів і властивостей об'єкту canvas мови JavaScript. Лінії розгортки і сигналів будуються з кроком 1 піксель вздовж горизонтальної осі полотна. Для цього у скриптах використовуються рекурсивні цикли, створені методом setTimeout() об'єкту window мови JavaScript. Це дає можливість будувати осцилограми сигналів на вході і виходах лічильників в режимі розгортки осцилографа, тобто в режимі реального часу. За допомогою радіокнопок на панелі керування осцилографа користувач має можливість обрати тривалість розгортки T_p, яка може бути 6, 3 та 1,5 секунди (рис. 1). Оскільки ширина полотна складає 300 пікселів, інтервал часу $\Delta t = T_p/300$ визначає затримку методу setTimeout() у рекурсивному циклі. При таких значеннях тривалості розгортки моделювання осцилограм двійкових лічильників можна здійснювати у діапазоні реальних частот 0 – 30 Гц.

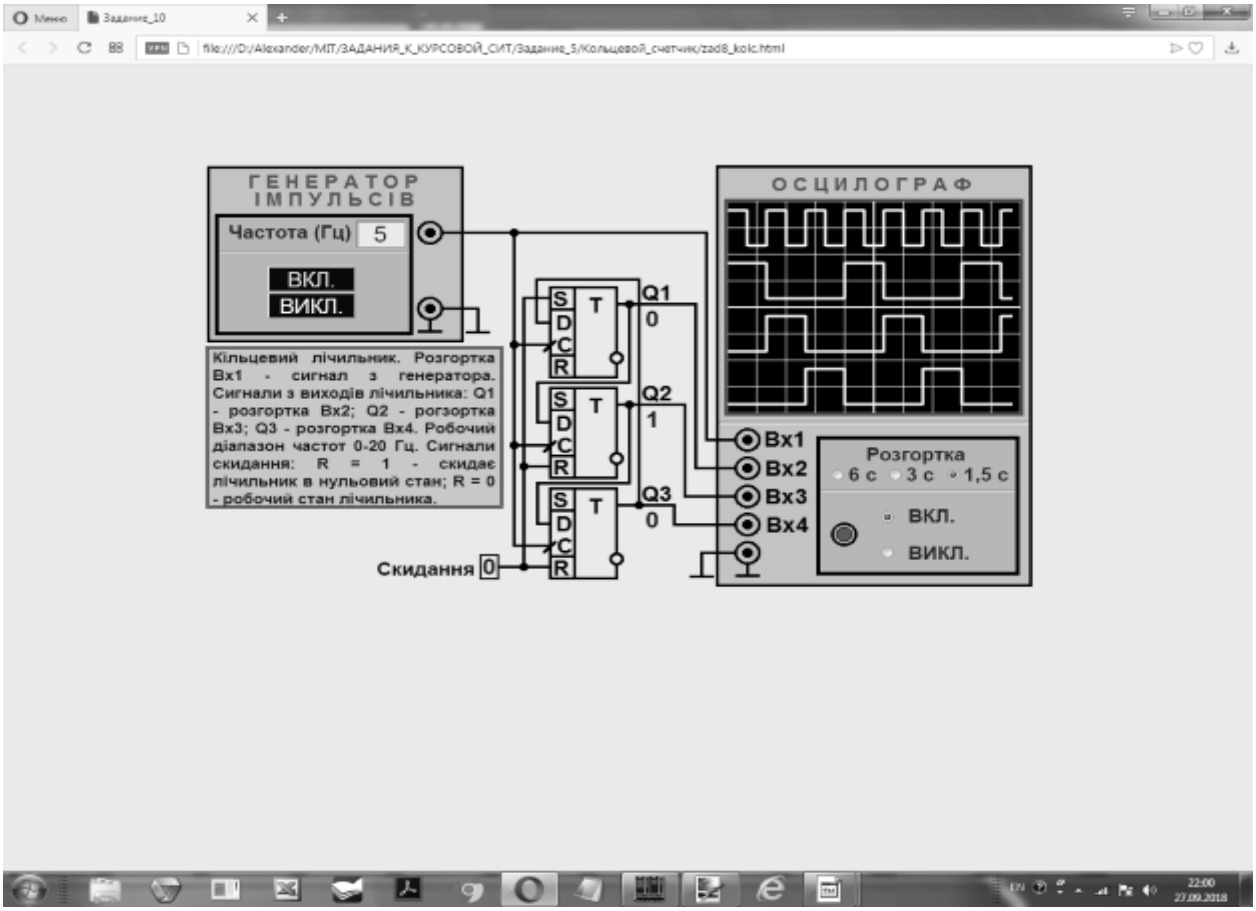


Рис. 1. Вигляд web-сторінки прикладного додатку при моделювання часових діаграм кільцевого лічильника

Значення частоти, на якій моделюються осцилограми, користувач уводить до поля форми на зображенні генератора імпульсів, якому передує напис «Частота (Гц)» (рис. 1). При натисканні кнопки «ВКЛ.», яка змінює колір з білого на червоний, емулюється подача імпульсів на вхід лічильника і, при відповідному значенні логічного сигналу на вході «Скидання», на виходах лічильника з'являються послідовні у часі імпульси, притаманні даному типу двійкового лічильника. Слід зазначити, що при побудові осцилограм затримки сигналів в тригерах лічильника не враховуються.

Описаний в даній роботі прикладний web-додаток може бути використаний при створенні сайтів присвячених цифровій схемотехніці, а також для створення віртуальних лабораторних практикумів з дисципліни «Комп'ютерна схемотехніка».

WEB APPLICATION FOR MODELING OF BINARY COUNTERS OSCILLOGRAMS

A. Ivon, V.F. Istushkin
Oles Honchar Dnipro National University
aii_vel93@i.ua

Web application for modeling in the real time of binary counters oscillograms was created by means of the languages HTML 5, CSS 3, JavaScript and Canvas technology. Web application can be used in websites devoted to the digital electronics and in the laboratory works devoted to the computer circuit design.

WEB-ДОДАТОК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ І ДІЮЧОЇ НАПРУГ СИГНАЛІВ З ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ОСЦИЛОГРАМ

О. Івон, В. Істушкін, С. Савран
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
aii_vel93@i.ua

Як показано в [1], при використанні цифрових зображень осцилограм аналогових осцилографів для визначення параметрів сигналів відносна похибка складає не більше ±1%. Отримати такі зображення можна за допомогою цифрової фотокамери шляхом фотографування осцилограми з екрану аналогового осцилографа. Визначення параметрів здійснюється за даними сканування координат цифрового зображення осцилограми на лінії сигналу. Параметри сигналу визначаються на підставі сканованих даних і масштабів напруги та часу, отриманих за даними сканування кінців поділок масштабної сітки осцилографа або амплітуди і тривалості калібрувальних сигналів.

Метою даної роботи є створення програми для визначення середньої і діючої напруг сигналів довільної форми за результатами сканування цифрових зображень їх осцилограм, зареєстрованих за допомогою аналогового осцилографа.

Програму створено засобами мов HTML 5, CSS 3, JavaScript та бібліотеки jQuery. Середовищем для її використання є браузери мережі Інтернет. Визначення середнього U_C і діючого U_{CK} значень напруги відбувається за відомими формулами:

$$U_C = \frac{1}{T}\int_0^T U(t)dt; \quad U_{CK} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T U(t)^2 dt}, \qquad (1)$$

де $U(t)$ – миттєва напруга, T – період у випадку періодичних сигналів і тривалість у випадку поодиноких сигналів.

Програма реалізує наступні послідовні етапи обробки цифрових зображень аналогових осцилограм: 1). Завантаження зображення до вікна браузера; 2). Масштабування зображення; 3). Визначення координати $y0$ нульової лінії осцилограми; 4). Розрахунок на підставі даних сканування амплітуди A, середнього U_C і діючого U_{CK} значень напруги і виведення результатів розрахунку у відповідні поля форм. Для кожного етапу на web-сторінці додатку створено окремий блок з необхідним набором кнопок і текстових полів форм. Блоки накладені один на одного і розташовані у блоці «Інструментарій» (рис. 1). Скрипти програми забезпечують послідовний показ і приховування блоків за допомогою функцій show() і hide() бібліотеки jQuery. Кожному етапу обробки передує інструкція користувачу, яка показується у діалоговому вікні, створеному методом alert() об'єкту window.

Завантаження зображення на першому етапі обробки здійснюється за допомогою об'єкту FileReader мови JavaScript. На етапі масштабування користувач уводить значення поділок масштабної сітки осцилографа у одиницях напруги і часу у відповідні поля форм блоку масштабування. Після чого виконує сканування координат кінців цих поділок і натискає кнопку «Розрахувати», яка активує скрипт, що здійснює розрахунок масштабів напруги і часу. Перехід до наступного етапу обробки здійснюється натискання кнопки «Продовжити». Дані сканування виводяться до таблиці, розташованої біля лівої сторони вікна браузера (рис. 1). Таблиця містить кнопку «Видалити рядок», яка дозволяє при необхідності коректувати дані сканування. При однократному натисканні цієї кнопки видаляється останній рядок таблиці. Оскільки значення напруги відлічується від нульової ліній осцилограми, для визначення

координати $y0$ на третьому етапі обробки виконується сканування координат x_1, y_1, x_2, y_2 двох точок цієї лінії, на підставі яких $y0$ визначається як $y0=(y_1 + y_2)/2$. У випадку сигналів синусоїдальної форми $y0$ визначається як середнє значення координат y, що відповідають екстремумам позитивної і негативної півхвиль синусоїди. На заключному четвертому етапі обробки розраховуються і виводяться до прихованих полів форм середня U_C і діючого U_{CK} значення напруги та амплітуда сигналу A (рис.1). Інтеграли у формулах (1) визначаються методом трапецій.

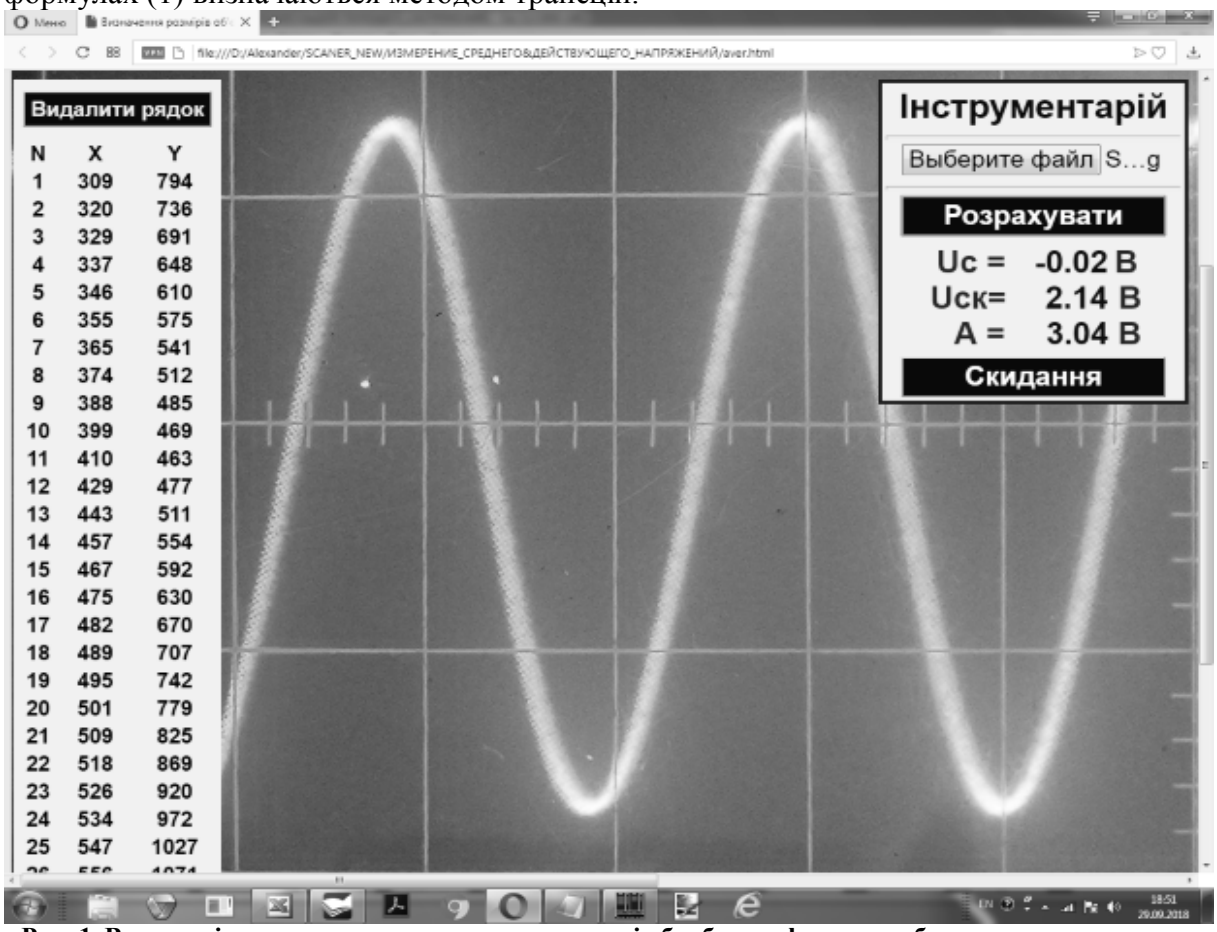


Рис. 1. Вигляд вікна програми на останньому етапі обробки цифрового зображення осцилограми

[1] Ivon A.I., Istushkin V.F. Digitization of oscillograms by raster images for rising of accuracy at signal parameters determination. System technologies. Issue 1 (108). (2017). P. 10 – 17.

WEB APPLICATION FOR DETERMINING AVERAGE AND ACTIVE VOLTAGE OF SIGNALS FROM THE DIGITAL IMAGES OF OSCILLOGRAMS

A. Ivon, V. Istushkin, S. Savran
Oles Honchar Dnipro National University
aii_vel93@i.ua

The program for determining the average and active voltage of electric signals with relative error no more than 1% is described. The digital images of analog oscillograms are used for this aim. Program was created as web application by means of the languages HTML 5, CSS 3, JavaScript and jQuery library.

Наукове видання

Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2018)

Тези доповідей
на III Всеукраїнській науково-практичній конференції:
21-23 листопада 2018 р., м. Дніпро

Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В.

Українською, російською, англійською мовами

Матеріали рекомендовані до друку 22 листопада 2018 року: протокол № 6 від 22.11.2018 р. засідання Вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Підписано до друку 22.11.2018 р.
Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Форма 60x90 1/8. Папір ксероксний. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. арк. 25,68.
Наклад 300 прим. Замовлення № 77-77

Видавництво ПП Щербатих О.В.
вул. Софіївська, 36 Б, м. Кременчук, 39601
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
Суб'єкта видавничої справи ДК № 2129 від 17.03.2005 р.