MEICS-2021

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара

VI Всеукраїнська науково-практична конференція

Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем

24–26 листопада

Дніпро
2021

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара

Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем

Тези доповідей

на VI Всеукраїнській
науково-практичній конференції
MEICS-2021

м. Дніпро
24-26 листопада 2021 р.

УДК 622: 004.73: 658.562.4: 65.011.56
П 26

ОРГКОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Коваленко О. В., д. ф.-м. н., проф. (м. Дніпро) – голова 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)
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)
Рябцев С. І., д. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)
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. т. 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)
Іванченко О. В., к. ф.-м. н., доц. (м. Дніпро)
Дергачов М. П., 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-2021). Тези доповідей на VI Всеукраїнській науково-практичній конференції: 24-26 листопада 2021 р., м. Дніпро / Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В. – Дніпро, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2021. – 206 с.

ISBN 978-617-639-319-1

В збірник включені тези доповідей на VI Всеукраїнській науково-практичній конференції, яка відбулася в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара, 24-26 листопада 2021 р.

ISBN 978-617-639-319-1

© Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2021.

ЗМІСТ

Секція І. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

О. Дубиняк, Г. Ластівка, О. Ластівка. **Вивчення та дослідження методів виявлення штучно згенерованої мовної інформації** 8

П. Фастиковський, М. Глауберман. **Вплив поглинання в ґрунтах на спектральні характеристики сейсмічних сигналів від рухомих об'єктів** 10

С. Вовк. **Узагальнена математична модель процесу обробки даних на основі функціонала квазіпротяжності** 11

А. Пасічник, Т. Прокоф'єв. **Виникнення явища NFT токену як різновиду цифрового активу** 13

O. Lytvynov, D. Ivaschev. **On software developers training** 15

А. Богач, О. Свинчук, О. Бандурка**. Фрактальний аналіз часових змін лісових насаджень** 17

А. Жицький, О. Свинчук. **Фрактальна модель групового управління проектами** 18

К. Діжур, С. Вовк. **Розпізнавання фейкових новин засобами нейронних мереж** 19

Б. Молодець, Д. Болдирєв, Т. Булана. **Аналітичне рішення задач перенесення забруднень у двовимірному просторі** 21

В. Рожков, Т. Прокоф'єв. **Моделювання перехідних процесів за допомогою прикладного web-додатку** 23

В. Ребров, В. Лукін. **Фільтрація кольорових зображень для реальних завадових ситуацій** 24

N. Skyba. **Recognition tools and fast data processing of moving two-dimensional images** 26

І. Повхан. **Задача граф-схемного представлення класифікаторів** 28

В. Кузякова, Т. Прокоф'єв. **Порівняльний аналіз контейнерізації ASP.NET Core та Java на різних платформах** 30

В. Дениско, О. Волковський. **Асиметричне шифрування даних для реалізації в персональних системах** 32

Ю. Бройде. **Особливості оптимістичного передбачення значення лічильника повторень фізичних вправ по вихідному сигналу нейронної мережі** 34

Секція ІІ. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ І КОМПОНЕНТИ

В. Хандецький, Д. Сівцов, К. Панін. **Функціонування комп'ютерних мереж IEEE 802.11 з високоінтенсивним трафіком у виробничих умовах** 37

О. Івон, В. Істушкін, Р. Шершньов. **Web-додаток для вимірювання розмірів і площі об'єктів цифрових зображень** 39

О. Івон, В. Істушкін, Ю. Крикуненко. **Тестування пікселів цифрових зображень** 41

І. Оленич. **Система контролю клімату розумного будинку на основі нечіткого контролера** 43

А. Шаповал, І. Пономарьов. **Створення децентралізованих додатків з використанням тестової мережі блокчейну Ethereum** 45

О. Воловий, І. Пономарьов. **Розробка клієнт-серверного додатку для формування звітів на базі .NET Framework** 47

М. Скок, Н. Карпенко**. Особливості роботи з колекціями у мові VBA** 49

Д. Керекеша, М. Твердоступ. **Автоматизація дослідження згладжування за алгоритмом Брауна** 51

А. Мамишев, А. Родіонов. **Модульні альтернативи системам захисту інформації типу XDR** 53

О. Наумов, А. Кострубенко, О. Дрозд, К. Защолкін. **Енерго-орієнтована контролепридатність арифметичних FPGA-компонентів комп'ютерних систем** 55

Ю. Пєхов, В. Герасимов. **Місце тестування в розробці інформаційних систем** 57

О. Тонкошкур, А. Лозовський. **Особливості програмного забезпечення для обробки і аналізу експериментальних даних досліджень газових сенсорів** 59

Л. Ахметшина, О. Книш. **Адаптивна сегментація слабоконтрастних зображень з використанням множин типу_2** 61

М. Помін, Н. Матвеєва. **Розробка мікросервісної системи для обслуговування багатоквартирних будинків** 63

А. Трегуб, М. Коломицев. **Захист Web-застосунків від атак типу XSS** 64

А. Кравець, І. Пономарьов. **Інтеграція Identity Server фреймворку як стороннього постачальника автентифікації у ASP.NET Core додаток** 66

І. Хозноферов, Т. Вакалюк. **Автоматична генерація excel документів у C# за допомогою бібліотек** 68

O. Lytvynov, M. Lytvynov. **Frame-based sentence patterns for integrative computer-aided language learning system** 69

А. Піляк, О. Дерев'янко, С. Пляка. **Виявлення аномалій у текстових даних** 72

Л. Ахметшина, С. Мітрофанов. **Обробка кольорових слабоконтрастних зображень з використанням методів багатовимірного аналізу** 74

М. Шевченко, В. Герасимов, Н. Карпенко. **Огляд клієнтського ПЗ для підключення до термінального серверу** 76

М. Дроздов, В. Хандецький, В. Герасимов. **Особливості обробки фінансових документів ПриватБанку** 78

Н. Гарафонова, Д. Чернетченко. **Автономна бездротова система для безконтактного контролю вимірювання температури та контролю присутності за допомогою машинного зору** 80

В. Ільїн, О. Дерев'янко, С. Пляка. **Дослідження ефективності використання progressive Web App для виконання ресурсномістких задач** 82

Д. Харламов, С. Вовк. **Оптимізація розробки додатків для операційної системи Android** 84

А. Коваленко, О. Барабаш. **3-D моделювання в системах візуалізації морської сцени** 86

Секція III. РАДІОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ Й ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

О. Дробахін, О. Олевський. **Вибір оптимальних параметрів рупору для реалізації методу фур'є-голографії** 88

М. Бугайов. **Порогові значення тестової статистики в ітеративних алгоритмах аналізу радіочастотного спектра** 90

Д. Костик, М. Андрєєв. **Використання машинного навчання на основі методу пучка матриць для аналізу часового відгуку резонатора** 92

О. Дробахін, В. Чучва. **Відновлення профілю стоячої хвилі із застосуванням нейромережевих технологій** 94

С. Бухаров, М. Костелан. **Дводіапазонна антена з секторною діаграмою направленості для Wi-Fi мереж** 97

А. Черв`яков, В. Магро, Л. Філінський. **Мікрохвильове дослідження пінних зразків** 99

Я. Крутінь, О. Корчак, М. Рєзніков, Г. Фелінський. **Генерація терагерцового випромінювання засобами ВКР фотоніки** 101

В. Морозов, В. Магро, Є. Трахтман. **Дослідження випромінювача зі складним перерізом** 103

В. Явтушенко, Д. Салтиков. **Контроль вмісту води у нафтопродуктах за допомогою біконічного резонатора** 105

С. Білічук, С. Чупира, С. Нічий, О. Мислюк, О. Грушка. **Модернізація попереднього відеопідсилювача електронного сканюючого мікроскопа РЕМ-100** 107

І. Зіненко, В. П'янков. **Електродинамічний аналіз випромінювання із Н-площинного рупора з вбудованою металопластинчатою лінзою** 109

І. Гомілко, М. Фесенко. **Система автоматичного вимірювання якості атмосферного повітря MonAir** 111

М. Потапов, В. Магро. **Дослідження скінченних антенних решіток** 112

Д. Савченко, І. Гомілко. **Автоматизований комплекс для дослідження газочутливих властивостей сенсорів резистивного типу** 114

І. Прокопенко, Д. Чернетченко. **Розробка мікроконтролерного пристрою для автоматичного адаптивного налаштування антен у реальному часі** 116

В. Корчинський. **Оптимізація пропускної здатності каналів передачі багатовимірних телекомунікаційних сигналів** 118

І. Козарь, В. Корчинський, О. Нагорний. **Характеристики якості передачі даних у телекомунікаціних системах з самоподібним трафіком** 119

Секція IV. ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА. МІКРО- І НАНОТЕХНОЛОГІЇ

M. Hidulianov, K. Lamonova, S. Orel, N. Kovalenko, D. Savchenko, I. Ivanchenko, N. Popenko. **Modeling of EPR spectrum of ZnSe:Cr single crystals** 122

M. Derhachov, V. Moiseienko, O. Sushko, V. Kidalov, I. Jankowska-Sumara. **Electrical properties of Ga_2O_3 film deposited on Si porous substrate** 124

О. Коваленко, Є. Плахтій, О. Хмеленко, В. Славний. **Отримання нанокристалів твердих сполук типу $Zn_xCd_{1-x}S$** 126

О. Іванченко, О. Тонкошкур. **Алгоритм розрахунку кінетики температури сонячного елемента з позисторним шаром при локальному перегріві** 128

О. Гниленко, С. Плаксін. **Комп'ютерне моделювання тандемного сонячного елемента Si/Ge зі ступінчастим буферним шаром $Si_{1-x}Ge_x$** 130

О. Коваленко, В. Воровський, М. Буланий. **Відновлення магнітних властивостей нанокристалів ZnO:Mn** 132

О. Іванченко, Є. Турбін. **Вплив температури на електричні характеристики двошарової структури варистор-позистор** 134

В. Колбунов, О. Вашерук. **Електропровідність діоксиднованадієвої склокераміки з добавками Cu та Cu_2O** 136

М. Сорокатий, В. Пилипко, В. Стребежев, П. Євенчук. **Морфологічно-структурні перетворення в кристалах і епітаксійних шарах CdSb та In_4Se_3 під дією лазерного випромінювання** 138

О. Коваленко, В. Воровський, О. Хмеленко. **Спектри епр нанокристалів ZnO:Mn** 140

О. Ляшков. **Аналіз можливості застосування промислових самовідновлюваних запобіжників для захисту**

фотоелектричних елементів сонячних батарей на основі пластин з моно- та полікристалічного кремнію від струмів перевантаження 142

A. Medvid. **Nanocones formation on a surface of Ge, Si and GaAs by laser radiation: quantum confinement effect** 144

І. Козярський, Е. Майструк, Д. Козярський, Г. Андрущак, Е. Касс. **Механізми проходження струму в гетероструктурі Cu_2O/CdTe** 145

М. Солован, А. Мостовий, Я. Мицканюк. **Світлові характеристики детектора іонізуючого випромінювання графен/CdTe** 147

І. Орлецький, М. Ілащук, Е. Майструк, М. Солован, І. Козярський, Д. Козярський, Є. Грабштейн. **Вплив поверхневих станів на енергетичний профіль та електричні властивості ізотипних гетеропереходів *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl** 149

О. Гапонов, А. Мельников. **Електричні характеристики варисторів на основі SnO_2 з домішкою оксиду ніобію** 151

М. Сльотов, О. Сльотов, О. Кінзерська. **Отримання і дослідження джерел поляризованого випромінювання на β-ZnS** 153

М. Єрмаков, Р. Пшеничний, В. Євдокименко, А. Опанасюк. **Структурні, субструктурні характеристики та хімічний склад наночастинок ZnO легованого алюмінієм та індієм** 155

В. Макаров. **Полімерний композит на основі варисторної кераміки** 157

М. Буланий, О. Коваленко, О. Морозов, О. Хмеленко. **Поведінка А-центрів при деформаційному перебудованні структури кристалів ZnS** 158

Ya. Lepikh, P. Snigur. **Prospective methods of parameter control of acoustoelectronic devices on surface acoustic waves** 160

I. Bilynskyi, R. Leshko, O. Leshko. **Quantum dot arrays with defects** 161

А. Кротенко, І. Скуратовський. **Електропровідність низьковольтної варисторної кераміки на основі SnO_2 з добавками Cr_2O_3 та Bi_2O_3** 162

Р. Лавров, В. Колбунов. **Особливості приповерхневого шару оксидно-цинкової варисторної кераміки** 164

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

K. Lamonova, A. Prohorov, R. Minikayev. **Jahn-Teller effect manifestation in a Cu-doped $EuAl_3(BO_3)_4$ single crystal** 166

A. Onanko, D. Charnyi, Y. Onanko, O. Dmytrenko, M. Kulish, T. Pinchuk-Rugal, M. Alieksandrov, A. Gaponov, V. Popruzhko, P. Ilyin1, S. Shevchuk, S. Stasiuk. **Specificities of anelastic and elastic, adsorption characteristics of SiO2/Si, nanocomposites of multiwalled carbon nanotubes and polyamide, polyethylene, polyvinyl chloride, foam polystyrene** 168

G. Gaidar. **Mobility anisotropy parameter in the transmutation doped and ordinary silicon crystals** 170

M. Dmytriiev, V. Skalozub. **Low-energy effective lagrangian of the two-Higgs-doublet model** 172

Г. Гайдар. **Специфіка визначення тензоопору розтягу кристалів германію *n*-типу** 173

P. Minaiev, V. Skalozub. **Parametric space for h2HDM with different theoretical conditions** 175

В. Моісеєнко, М. Дергачов, О. Огієнко. **Раманівська характеризація нанокристалічної фази нелінійних діелектриків у порах опалової матриці** 175

С. Курищук, Т. Ковалюк, Г. Пархоменко, М. Солован. **Структурні властивості тонких плівок оксиду міді (CuO)** 177

V. Skalozub. **Effective charge at A_0 background** 179

О. Кушнерьов, С. Рябцев, В. Башев. **Фізичні властивості тонких плівок високоентропійного сплаву системи Co-Cr-Fe-Mn-Ni** 181

В. Євдокименко, Р. Пшеничний, О. Д'яченко, А. Опанасюк. **Вплив вакуумного відпалу на склад плівок CuO, отриманих методом друку** 183

К. Гапоненко, О. Соколовський. **Нерівноважна вільна енергія просторово-неоднорідних систем у мікроскопічній теорії** 185

Є. Скрипнік, М. Трубіцин, А. Дяченко, М. Волнянський. **Кристалізація аморфних розчинів $Li_{2-x}Na_xGe_4O_9$** 187

С. Рябцев, В. Башев, О. Єліна, С. Хижко. **Структура загартованих з пари плівок Mn і MnCr** 188

О. Морозов. **Розкладення спектру фотолюмінесценції зразка продукції для визначення її якості** 190

А. Засовенко, В. Онуфрієнко, А. Фасоляк. **Ефект вкорочення довжини фрактального каналу польового транзистора** 192

Д. Волинець, М. Трубіцин, М. Волнянський. **Діелектрична релаксація в кристалах $LiNaGe_4O_9$** 194

В. Онуфрієнко, Т. Слюсарова, Л. Онуфрієнко. **Моделювання локалізації світла межею діелектрика з фрактальним метаматеріалом** 195

В. Овсяніков, М. Горобець, В. Бондаренко, О. Безносова. **Визначення згасання електромагнітної хвилі в речовинах, маючих діелектричні властивості** 197

С. Лягушин. **Моделювання розвитку кореляцій у надвипромінювальному процесі дікке в одновимірному кристалі** 199

О. Огієнко, В. Моісеєнко, М. Дергачов. **Люмінесцентні властивості матричних нанокомпозитів на основі синтетичних опалів** 201

Є. Сєтов. **Моделювання точкових дефектів у кристалах 2-(2'-гідроксифеніл)бензотіазолу** 202

V. Yarlik, v. Skalozub. **The hartman effect for non-relativistic charged particles in a magnetic field** 204

E. Reznikov. **Additional mechanism for electron-positron pairs generation in a dense medium with a magnetic field and non-zero temperature** 205

ВИВЧЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ШТУЧНО ЗГЕНЕРОВАНОЇ МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

О. Дубиняк, Г. Ластівка, О. Ластівка
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
g.lastivka@chnu.edu.ua

Розвиток інформаційних технологій та потужних систем обробки даних призвели до виникнення високопродуктивних систем клонування голосу, зокрема таких як Real-time Voice Cloning (RTVC), які постійно модифікуються та видозмінюються. Виникає необхідність у вивченні та дослідженні існуючих методологій виявлення штучно згенерованої мовної інформації з метою визначення найбільш оптимального методу виявлення штучно генерованого голосового сигналу для подальшого його застосування в системах голосової верифікації.

З аналізу літературних джерел даної проблематики необхідно відзначити наступні типи генеративних систем: TTS (Text-to-Speech), VC (Voice Conversion), STS (Speech-to-Speech) [1, 2], а до найбільш ефективних методів дослідження голосових повідомлень слід віднести аналітичний та метод з використанням глибинних нейронних мереж.

Аналітичний метод аналізу голосової інформації передбачає наступні підходи: персептуальний; із використанням спеціалізованого програмного забезпечення (СПЗ) та лінгвістичний аналіз. Можна відзначити, що персептуальний підхід є більш швидким у розгортанні за часом та простішим у своїй реалізації, оскільки він передбачає суб'єктивний аналіз мовного сигналу за рядом таких параметрів, як чіткість мови, виразність, темп, інтонаційне забарвлення тощо. При застосуванні СПЗ аналіз мовного сигналу здійснюється за певним набором акустичних параметрів (в нашому дослідженні – тривалість паузи та зміни рівнів інтенсивності мовного сигналу). Останній метод передбачає використання семантичного, фонетичного, лексичного й граматичного досліджень голосового повідомлення.

Ефективність виявлення штучно згенерованих чи сигналів із зміненими параметрами, буде залежати насамперед від виду застосованої генеративної системи, якості записаного мовного сигналу та наявності фонових шумів, а також умов проведення аналізу мовного сигналу.

Незважаючи на відносну простоту та швидкість розгортання, а також реалізації даних методів, застосування їх в автоматизованих програмних комплексах є майже неможливим через необхідність постійної присутності особи, яка здійснюватиме аналіз. Тому найбільш перспективним є застосування глибинних нейронних мереж.

З метою вирішення проблеми класифікації сигналу за типом "створений людиною"–"штучно згенерований", нами застосовувалися технології глибинних нейромереж. Основною перевагою використаного методу є високий рівень автоматизації процесу дослідження голосових сигналів, а ефективність роботи нейромереж, перш за все, буде залежати від об’єму та методу обробки тренувальних даних. Крім того, зауважимо, що практична реалізація такої системи є досить складною для осіб, які не мають достатнього практичного досвіду в галузі машинного навчання. Порівняльний аналіз ефективності нейронних мереж здійснений на базі перевірки 60-х аудіо файлів відображений на рис. 1.

З рис. 1 слідує, що найбільш ефективною конфігурацією нейромережі є конволютивна нейронна мережа, яка характеризується не тільки порівняно високою

ефективністю виявлення, але й серед зазначених методів вимагає найменшого об'єму пам'яті для зберігання нейромережі.

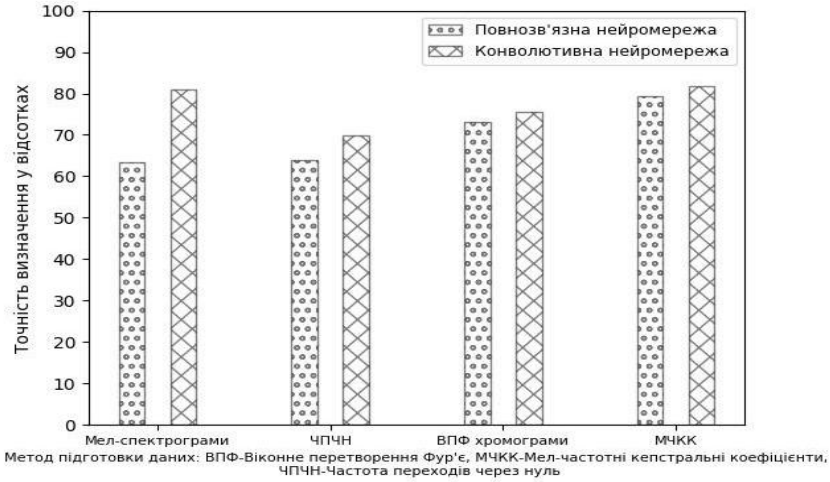


Рис. 1. Порівняльний аналіз ефективності нейронних мереж в залежності від вибраної структури та методу підготовки даних

Таким чином, з аналізу методів виявлення штучно згенерованої мовної інформації встановлено, що використання аналітичного методу забезпечує найменшу точність виявлення, а його імплементація у порівнянні із технологіями машинного навчання є набагато простішим. Також підтверджено, що використання глибинних нейронних мереж є найбільш ефективним засобом виявлення штучно згенерованої мовної інформації.

[1] Text-to-Speech Synthesis: an Overview [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://medium.com/sciforce/text-to-speech-synthesis-an-overview-641c18fcd35f.
[2] Voice Conversion Challenge 2020 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.vc-challenge.org/.

EXPLORATION AND SURVEILLANCE/RESEARCH OF METHODS OF ARTIFICIALLY GENERATED VOICE INFORMATION DETECTION

O. Dubyniak, H. Lastivka, O. Lastivka
Yuriy Fedkovych Chernivtsi national university
g.lastivka@chnu.edu.ua

Analytical method involves the following approaches: perceptual, using of specialized software and linguistic analysis. The efficiency of this method depends on generative system, that is used for voice generation, presence of noises in audio signal and the conditions, in which surveillance is performed. This method is the fastest and the easiest in its implementation and deployment, however it is characterized with relatively low efficiency of detection and unavailability of automation and using in embedded systems and software. Method, that is based on using of deep neural networks, is the most perspective approach for artificially generated voices detection.

ВПЛИВ ПОГЛИНАННЯ В ҐРУНТАХ НА СПЕКТРАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕЙСМІЧНИХ СИГНАЛІВ ВІД РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

П. Фастиковський, М. Глауберман
Навчально-науково-виробничий центр ОНУ імені І.І. Мечникова
fpp@te.net.ua

При створенні сейсмічних пристроїв для цілей охорони та розвідки використовується моделювання поширення в ґрунтах сейсмосигналів від рухомих об'єктів. Відомі результати поглинання в ґрунтах об'ємних сейсмічних хвиль [1] потребували перевірки і для сейсмічних хвиль, що поширюються в приповерхневому шарі ґрунту від наземних джерел сейсмічних коливань. Для цього в дослідженнях проводився запис сейсмосигналів від людини і легкої вантажівки, що рухались на різних відстанях від записуючого приладу на степовому ґрунті. Проведені експериментальні дослідження показали, що зі збільшенням відстані до об'єкту, що рухається, зменшуються амплітуди спектральних складових сейсмосигналу і знижується верхня межа частотної смуги. Це, як і при поширенні об'ємних сейсмічних хвиль, може бути пов'язано з дисперсією коефіцієнта поглинання ґрунту, який, як було встановлено, лінійно залежить від частоти [1]. У зв'язку з цим, в сейсмосигналі, у міру його поширення у все зростаючій мірі переважають низькі частоти. Експериментальні результати, що були проведені на сухих та вологих степових ґрунтах, показали, що:

- амплітуди сейсмічних коливань (A) від рухомих об'єктів на різних відстанях (R) на поверхні ґрунту підкоряються залежності, характерної для поверхневих хвиль Релея: $A \sim 1/\sqrt{R}$,
- при поширенні поверхневої хвилі Релею від рухомих наземних об'єктів приповерхневий шар ґрунту, як і об'ємні масиви у випадку поширення об'ємних хвиль, грає роль фільтра низьких частот, тобто сильніше поглинає високі частоти. У разі вологого ґрунту такий вплив виражений сильніше за рахунок збільшення коефіцієнта поглинання ґрунту.

[1] Richart F.E., Hall J.R., Woods R.D. Vibrations of soils and foundations. Ed. by N.M. Newmark, W.J. Hall. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs (1970). 414 p.

INFLUENCE OF ABSORPTION IN SOILS ON THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF SEISMIC SIGNALS FROM MOVING OBJECTS

P. Fastykovsky, M. Glauberman
Training, Scientific and Production Centre of Odessa I.I.Mechnikov National University
fpp@te.net.ua

The report presents the results of experimental studies of the influence of absorption in soils on the spectral characteristics of seismic waves from objects moving on the ground. It is shown that seismic waves arising from the movement of objects are surface Rayleigh waves, and the near-surface layer of the soil, as in the case of body waves propagation, plays the role of a low-frequency filter, i.e. absorbs high frequencies more strongly. The change in the spectra with distance due to absorption is the more pronounced, the greater the absorption coefficient of the soil and the wider the initial spectrum.

УЗАГАЛЬНЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДАНИХ НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛА КВАЗІПРОТЯЖНОСТІ

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

Розробка систем обробки вимірювальної інформації з об'єкта досліджень звичайно наштовхується на загальну проблему ефективної обробки отримуваних даних. Це продиктовано необхідністю мінімізації методичної похибки, зумовленої неадекватністю об'єкта вимірювання та його моделі, прийнятою при вимірюванні. На практиці розв'язання цієї проблеми є складним завданням через розмаїття моделей шумів і ймовірних завад природного й штучного походження, а також через відсутність узагальненої моделі обробки спотворених даних, яка придатна до різних шумових оточень та врахування властивостей отримуваних даних і/або властивостей розв'язку. У поданій роботі представлено результати розробки такої узагальненої моделі процесу обробки даних, яка заснована на застосуванні функціонала квазіпротяжності.

Функціонал квазіпротяжності узагальнює поняття протяжності функції та складає конструктивну основу критерію мінімуму протяжності, за яким протяжність функції, використовуваної для пошуку розв'язку, має бути мінімальною [1; 2]. Для практичних застосувань функціонал квазіпротяжності побудовано через концепцію вартісних функцій, в межах якої була розроблена узагальнена вартісна функція, що формує певну «універсальну» множину вартісних функцій, означену як «супермножина вартісних функцій» [2, 3]. Для дискретного випадку функціонал квазіпротяжності E^{+} для дискретної послідовності даних $f_n;\ n=1,\ldots,N$ має вигляд:

$$E^{+}[f_n]=\sum_{n=1}^{N}\rho_S[f_n], \tag{1}$$

де $\rho_S(x)=k_S\cdot[(1+|x|^q/\alpha^q)^{\beta/q}-1]$; $\alpha>0$; $-\infty<\beta\le 1$; $0<q<\infty$; $\beta<q$; $k_S=1/[(1+|x_{\text{Н}}|^q/\alpha^q)^{\beta/q}-1]$; $\rho_S(x_{\text{Н}})=1$. Враховуючи широкий спектр вартісних функцій, отримуваних з $\rho_S(x)$ шляхом відповідних граничних переходів, варто зауважити, що мінімізація функціонала квазіпротяжності, застосовуваного до функції відхилу розв'язку задачі, відповідає ідеям як традиційної, так і робастної обробки даних, а до функції, що описує розв'язок задачі чи певну функцію розв'язку, – ідеям як квадратичної, так і неквадратичної регуляризації. У сукупності це дозволяє отримати узагальнену модель процесу обробки даних, яка призначена вдосконалити розробку систем обробки вимірювальної інформації з належними характеристиками як щодо шумових середовищ, так і щодо властивостей даних та/або результатів їх обробки.

Нехай дані вимірювань сформовані лінійною системою та спотворені адитивним шумом і аномальними значеннями під час їх реєстрації, тобто:

$$\mathbf{g}=\begin{cases}\mathbf{Au}+\boldsymbol{\xi} & \text{with probability } (1-p)\\ \boldsymbol{\eta} & \text{with probability } p\end{cases}, \tag{2}$$

де $\mathbf{g}$ - вектор значень даних; $\mathbf{A}$ - матриця, що відповідає прямому лінійному оператору, який описує процес формування даних; $\mathbf{u}$ - вектор, що описує шуканий розв'язок задачі

обробки даних; ξ - вектор, що описує випадкову реалізацію шуму; $\boldsymbol{\eta}$ - вектор, що описує випадкову реалізацію аномальних значень, які виникають незалежно з імовірністю. Тоді узагальнену модель процесу обробки даних варто подати у вигляді:

$$\min_{\mathbf{u}}\{\gamma_1 E_1^+[\mathbf{Au}-\mathbf{g}]+\gamma_2 E_2^+[\mathbf{Tu}]\}, \quad (3)$$

де $E_1^+[...]$ і $E_2^+[...]$ – функціонали квазіпротяжності відхилу розв'язку та розв'язку зі своїми значеннями вільних параметрів, відповідно; $\mathbf{T}$ - лінійний оператор (матриця), що задає апріорні відомості про розв'язок задачі обробки; γ_1 та γ_2 - вагові коефіцієнти. З урахуванням граничних переходів, узагальнена модель (3) може трансформуватися у багато різних моделей обробки даних, що надає гнучкість в її використанні. Зокрема, вона може трансформуватися у традиційну модель апроксимації даних без використання апріорних відомостей щодо функції розв'язку (коли $\gamma_2 = 0$, $\mathbf{A}=\mathbf{I}$, де $\mathbf{I}$ - тотожний оператор, а розв'язок $\mathbf{u}$ задано моделлю з невеликою кількістю невідомих параметрів), модель розв'язання обернених задач із прямим лінійним оператором, розв'язок яких має малу протяжність (коли $\mathbf{T}=\mathbf{I}$), модель чисельного диференціювання зашумлених даних з викидами (коли $\mathbf{A}$ - оператор антидиференціювання, $\mathbf{T}=\mathbf{D}$, де $\mathbf{D}$ – оператор диференціювання та $\alpha_2 \to \infty$ й $q_2 = 2$), модель екстраполяції просторового спектра точкових джерел без урахування відхилу розв'язку (коли $\gamma_1 = 0$ і $\mathbf{T}=\mathbf{I}$, а розв'язок задано сумою Фур'є-перетворень відомої та екстрапольованої частин спектра), традиційну модель згладжування даних (коли $\mathbf{A}=\mathbf{I}$, $\mathbf{T}=\mathbf{D}^r$, де $\mathbf{D}^r$ – оператор диференціювання *r*–го порядку, $\alpha_1 \to \infty$, $q_1 = 2$, $\alpha_2 \to \infty$, $q_2 = 2$) та інші. Серед зазначених моделей практично важливими є математичні моделі процесів апроксимації та розв'язання обернених задач із прямим лінійним оператором.

В доповіді обговорюються результати застосування запропонованої узагальненої моделі до синтезованих та реальних даних, а також особливості рішення відповідних задач чисельної оптимізації.

[1] Вовк, С.М. Постановка задач обработки данных на основе критерия минимума протяженности / С.М. Вовк // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2019. – № 1. – С. 157–166.
[2] Borulko, V.F. Minimum-duration filtering / V. F. Borulko, S.M. Vovk // Radio Electronics, Computer Science, Control. – 2016. – № 1. – P. 7–14.
[3] Vovk, S.M. General approach to building the methods of filtering based on the minimum duration principle / S.M. Vovk // Radioelectronics and Communications Systems. – 2016. – V. 59, N. 7. – P. 281–292.

GENERALIZED MATHEMATICAL DATA PROCESSING MODEL BASED ON FUNCTIONAL OF QUASI-EXTENT

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

A generalized mathematical data processing model is proposed. This model is presented by a generalized functional that needs to be minimized and that bases on the functional of quasi-extent. Features of application and numerical realization are indicated.

ВИНИКНЕННЯ ЯВИЩА NFT ТОКЕНУ ЯК РІЗНОВИДУ ЦИФРОВОГО АКТИВУ

А. Пасічник, Т. Прокоф'єв
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
alice.pasechnik.97@gmail.com, t104barmalei@yahoo.com

NFT – це певний цифровий актив, який представляє собою об'єкти реального світу, такі як мистецтво, музика, ігрові предмети та відео. Їх купують і продають в Інтернеті, часто за криптовалюту, і вони зазвичай кодуються за допомогою того ж базового програмного забезпечення, що і багато інших криптовалют. Невзаємозамінний токен (NFT, non-fungible token), також унікальний токен - вид криптографічних токенів, кожен екземпляр яких унікальний та специфічний і не може бути обмінений або заміщений іншим аналогічним токеном [1], хоча зазвичай токени взаємозамінні за своєю природою [2].

Рис. 1. Приклад типового NFT токену

Автором запропоновано алгоритм створення та використання типового NFT токену:

1. Виберіть свій предмет

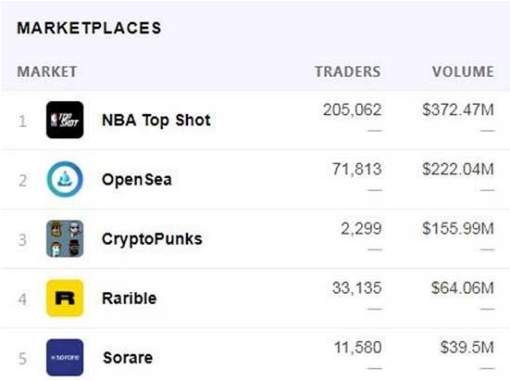
Перше, що вам потрібно зробити, це вибрати ілюстрацію. Незамінні токени можуть представляти будь-який цифровий файл. Ви можете зробити NFT цифрового живопису, тексту, музичного твору, відео. Буквально все, що можна відтворити як мультимедійний файл.

2. Майте трохи Ether під рукою

Коли ви вибрали свій цифровий актив, настав час отримати трохи Ether.{2}Ви можете створювати NFT на безлічі різних блокчейнів, але для простоти ми візьмемо за приклад Ethereum. Це найпопулярніший, і найвідоміший маркетплейс, що підтримує NFT.

3. Виберіть маркетплейс

Тепер, коли у вас є все, вам потрібно вибрати ринок, де ви будете фізично створювати, а потім розміщувати свій NFT. Найпопулярнішими є Mintable, Rarible або OpenSea.



MARKETPLACES

	MARKET	TRADERS	VOLUME
1	NBA Top Shot	205,062	$372.47M
2	OpenSea	71,813	$222.04M
3	CryptoPunks	2,299	$155.99M
4	Rarible	33,135	$64.06M
5	Sorare	11,580	$39.5M

Рис. 2. Приклад маркетплейсу для розміщення NFT токенів

4. Створіть NFT

Після підключення ETH Wallet до OpenSea ви можете продовжити створення свого першого NFT. Натисніть «Створити» у верхньому меню та створіть колекцію. Заповніть всю необхідну інформацію, а потім збережіть. Отже, ви створили NFT і успішно розмістили його на ринку OpenSea. Далі вам доведеться самостійно продати об’єкт, можливо, існуючій спільноті людей, які були б зацікавлені у вашій роботі. Це найскладніша частина і не має нічого спільного з самим художнім процесом.Для підтримки використання блокчейна в ігровій промисловості були розроблені спеціальні стандарти токенів. До них відносяться стандарт Ethereum ERC-721 для CryptoKitties і новий стандарт ERC-1155 [4]. Стандарт ERC-998 дозволяє об'єднати різні NFT в один складовий NFT, а ERC-875 - передати декілька токенів новому власнику в одній транзакції [5]. У 2021 об'єднання компаній-розробників комп'ютерних ігор Blockchain Game Alliance розробляє новий стандарт Blockchain Bean Asset (BBA) [5].

[1] Блокчейн: опис технології простими словами. URL: https://finkontrol.com/crypto/chto-takoe-blokcheyn/ (13.12.2018)
[2] Хешграф - вбивця блокчейна. URL: https://smart lab.ru/blog/431134.php (13.12.2018)
[3] С.Равал. Децентралізовані програми. Технологія Blockchain у дії - С.Равал, 2017. - 192 с.
[4] Н. Прасті. Блокчейн. Розробка додатків - Н.Прасті, 2018. - 256 с.
[5] Криптовалюта та блокчейн-технологія в цифровій сфері: генезис розвитку / Бабкін А.В., Буркальцева Д.Д., Пшеничников В.В., Тюлін А.С. // Науково-технічні відомості СПбДПУ. Економічні науки 2017. Т. 10, № 5. С. 9-22. DOI: 10.18721/JE.10501

ASYMETRIC ENCODING DATA FOR REALIZATION IN PERSONAL SYSTEMS

A. Pasechnik, T. Prokofyev
Oles Honchar Dnipro National University
alice.pasechnik.97@gmail.com, t104barmalei@yahoo.com

NFT is a specific digital asset that represents real-world objects such as art, music, gaming, and video. They are bought and sold online, often for cryptocurrency, and are usually encrypted using the same basic software as many other cryptocurrencies. Non-fungible token (NFT) is also a type of cryptographic token, each instance of which is unique and cannot be exchanged or replaced by another similar token [1], although tokens are usually interchangeable in nature [2].

ON SOFTWARE DEVELOPERS TRAINING

O. Lytvynov, D. Ivaschev
Oles Honchar Dnipro National University
lishu.dnepr.ua@gmail.com, litvinovma0@gmail.com

High requirements for software developers encourage new thinking about new methods of software developers training. It is not an exaggeration to say that effective software developers training is one of the challenges modern Academic Education is facing to. The ultimate goal of the educational process, in that context, is to help student to achieve the appropriate level of skills required to realize software projects using new technologies and approaches. To reach the goal we should involve students in software projects development as soon as possible. This work is mainly devoted to the analysis of minimal requirements for the training projects and the minimal set of principles should be used for software development.

As usual, the set of software requirements provided by the customer is not complete and refactoring and improvement of the developed software units in accordance with the requirements changes could be considered as a business-as-usual situation. Thus, developers face the problem of building highly flexible information system able to be improved and adopted for the business needs without extraordinary expenses.

The starting point of the system evolution is MVP (minimum valuable product). The MVP should have the core features, which allow it to be deployed to some real customers. The purpose of the MVP is getting initial feedback from the customers minimizing the risks of further development. The next steps are learning and measuring customer requirements, defining and prioritizing new objectives. Then the system should be adopted to the customer needs as soon as it possible. How to make the system adaptable to the dynamics of changes is the central question of software development. Most of the patterns, approaches and principles [1-3] are developed to achieve this goal. It is supposed that the system should have the potential of flexibility from the start and doesn't lose this potential during its maintenance.

Taking the evolutionary development as the foundation, we need to identify the initial point of the evolution, i.e. the skeleton of the system: layers, patterns, development considerations etc. If we look towards the system improvement, we should admit that the first rule of minimum valuable system asserts that each modern application intended to be used collectively should have a potential of its use through remote access using Web protocols. In addition, using Web-service technologies system increases its openness. Taking this assertion as an axiom, we can define three basic layers of the system: *user applications, service, server application (business logic)*. Thus, generally, in terms of set theory, the system can be defined as a system consisted of a set of clients $\boldsymbol{C}$, a set of external services $\mathbf{S}_{\boldsymbol{i}}$ a set of system services $\mathbf{S}_{\boldsymbol{e}}$, and a set of business logic server components $\boldsymbol{B}$ (Fig. 1).

$$\mathfrak{C} = \langle C, \mathrm{S}_i, \mathrm{S}_e, B \rangle \quad (1)$$

It is notable that the minimum valuable version of the system can be described by (2): s_i a definite service without external services utilization, only one variant of user application is realized and business logic represented in its minimum valuable version.

$$\mathfrak{C}_{min} = \langle c_l, \mathrm{s}_i, \emptyset, B_{min} \rangle, c_l \in C, \mathrm{s}_i \in S \quad (2)$$

The transformation (3) defines the existence of a procedure (set of activities) able to transform the minimal version to its advanced form according to dynamics of changes, i.e. minimal version should have the potential of growth. Generally, we can think about the number of such procedures and the selection of the best one.

$$\varsigma_k : \mathfrak{C}_{min} \to \mathfrak{C}, \varsigma_k \in \Sigma \quad (3)$$

The second rule is connected to the business layer. While the services are responsible

for remote access and primary operations, business logic can be regarded as the core responsible for functionality. It can be divided into three main parts: business application services, data access layer, database. And the rule states that business logic must be prepared for change. Formally, the assertion can be represented by the formulas (4) and (5), where R means business logic and Δ denotes the set of "data access components — storage" relations.

$$B = \langle R, \Delta \rangle, \tag{4}$$

$$\Delta =_{def} \{\langle a, d \rangle | a \in A, d \in D\}, \tag{5}$$

Minimal version of the business logic layer can be represented by (6).

$$B_{min} =_{def} \langle R, \langle a, d \rangle \rangle, \langle a, d \rangle \in \Delta, \tag{6}$$

The transformation (7) of *Bmin* to *B* means the existence of an effective procedure responsible for the evolution. The effectiveness of the procedure depends on time, efforts and cost spent to achieve the result and can be estimated

$$\beta_j : B_{min} \longrightarrow B, \ \ \beta_j \in \mathrm{B} \tag{7}$$

It is obvious that the time and efforts spent on modification of the layer and/or its reconfiguration (e.g. changing database provider) depends on testing environment and test coverage of the code involved in the modification. Thus, the third rule states that the increasing *the flexibility of the system causes the improving of its testing infrastructure*.

Next, to make the system and its components testable and maintainable we need to follow interface-oriented programming paradigm and an additional set of rules represented as SOLID principles. Simply speaking, the system is represented a set of modules connected via interfaces. The dependencies of a module (classes the module depends on) are injected via constructor on the phase of its instantiation.

The next question is how to solve the tasks of modification the multi-layered system rapidly. The goal is to involve end-user in checking the functionality (use-case, user story) being developed as earlier as it possible. It implies the need to start with UI construction stubbing the lower layers. Of course, the development process should be driven by the use-cases. Formally, described use-cases allow us to form the set of tasks, applying effective planning and monitoring activities to the development process. In such a way to start user interface development we need only to have a stub of the service client and realization of service and business logic layers becomes unnecessary. It significantly simplifies the process. When the UI is realized and end-user commits that it met the requirements, the next step is to realize the service, stubbing the dependencies, i.e. business logic classes it depends on. Thus, there are three basic steps needed to realize the function. This process allows us to make the system gradually through the evolutionary approach avoiding rushing and misunderstandings. When the work is split among several developers, stubbing also allows them to work independently.

The software can be considered as the infrastructure of business. The real project, even if we talk about MVP, is connected to business domain. When we are going to apply new tech stack, architecture etc. to the real project, it is evident that we should start with doing some research on that staff (tech stack etc.). The common practice is to use pilot projects for that purpose. Pilot project can be thought as the seed from which the real project is sewn. Having the same structure, tech stack as the real one, it doesn't have issues connected to the real business domain. However, the using of such pilot projects is not restricted by the research tasks. When we talk about introduction of new team member to the real project, we face the problem of diving into the project and pilot project can significantly simplify the task.

[1] Beck K. Test-Driven Development By Example.– Addison-Wesley. – 2002. -240 p.

[2] Beck K. Extreme Programming Explained: Embrace Change: 2nd edition. - Addison-Wesley – 2004. — 224 p.

[3] Eric Evans. Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software. Addison-Wesley Longman, Reading, MA, First. – 2003.

ФРАКТАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВИХ ЗМІН ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ

А. Богач, О. Свинчук, О. Бандурка
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
likalika0701@gmail.com

Класифікація зображень у сучасному світі є однією з найкращих можливостей контролювання та аналізу лісових насаджень. Класифікація систем ДЗЗ – це розподілення їх на класи (підкласи, групи) на основі спільності однорідних суттєвих ознак (властивостей), що фіксує закономірні зв'язки між класами систем у відповідній галузі знань [1].

Дані за минулі роки про стан лісових насаджень можуть бути втрачені або їх важко дістати в архівах, тобто ми не завжди маємо змогу їх опрацювати, саме тому отримуються «пробіли». Маючи знімки лише за 1999, 2009 та 2019 роки, ми за допомогою фрактального аналізу можемо знайти дані потрібні нам дані по іншим рокам, тому що всі природні процеси самоподібні як на великих проміжках часу, так і на менших. За основу було взято фрактальну криву Коха, яка задається системою ітераційних функцій:

$$f_1(z) = \frac{1}{n} \cdot z, \quad f_2(z) = \frac{1}{n} \cdot z + \frac{2}{n}, \quad f_3(z) = \frac{1}{n} \cdot z \cdot \left(\cos\frac{\pi}{3} + i \cdot \sin\frac{\pi}{3} \right) + \frac{1}{n}, \qquad (1)$$

де z – значення по осі абсцис, n – кількість відрізків кривої, i – ітераційна змінна.

Отриманні дані застосунок виводить у діаграму, що дає змогу проаналізувати не тільки обрані роки, але і побачити кількість дерев кожної породи на усьому проміжку часу по усім рокам. Саме цей функціонал робить програмний продукт унікальним та корисним, адже це значно зменшує витрати на аналіз таких даних.

[1] Методи одержання інформації в системах ДЗЗ [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://helpiks.org/6-22680.html.

FRACTAL ANALYSIS OF TIME CHANGES OF FOREST PLANTATIONS

A. Bohach, O. Svynchuk, O. Bandurka
The National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
likalika0701@gmail.com

The developed software product compares changes in forests over time, analyzes the results of the classification of space images and the state of forests in a certain area of Ukraine for 20 years, having data for only 3 years. The classification of space images by remote sensing method and fractal analysis is used.

ФРАКТАЛЬНА МОДЕЛЬ ГРУПОВОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

А. Жицький, О. Свинчук
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
andriyzhytskyi@gmail.com

Сьогодні управління проектами є невід'ємною складовою успішності бізнес процесів в кожній IT компанії. Проте практика показує, що динаміка процесів, які відбуваються всередині такої системи управління, має нелінійний, а в деяких випадках і хаотичний характер. Це зумовлює необхідність пошуку альтернативних методів моделювання системи управління проектами із застосуванням нестандартного математичного апарату. Цю проблему дозволяє вирішувати теорія фракталів, які дозволять описати нестабільні процеси, і передбачити майбутнє таких об'єктів.

Розроблена модель реалізує групове управління проектами з використанням системи багаторівневих завдань, завдяки чому надає одночасний доступ для багатьох учасників і керівників проекту на кожному рівні. Процес ієрархічного дроблення створює повноцінні «маленькі проекти» наступного підрівня, що дозволяє нам розглядати в процесах управління проектами фрактальність і досліджувати далі цей процес як фрактальний об'єкт. Багаторівневість зумовлена складністю в структурі більшості сучасних проектів. З урахуванням великої кількості етапів і завдань на кожному з них, розрахунок статистичних показників займає все більше й більше часу. Для того, щоб спростити поетапну аналітику, використовується ніде не монотонні фрактальні функції [1]. Сформована система враховує такі вхідні показники, як: кількість днів, кількість виконаних та невиконаних під завдань та коефіцієнт складності кожного завдання. Виходячи з цих показників, аргумент фрактальної функції визначає на скільки даний етап (або весь проект) уже виконаний, а значення самої функції оцінює ймовірність того, що етап (проект) закінчиться вчасно. Завдяки таким оцінкам менеджери проектів можуть збільшувати-зменшувати кількість робочих годин та/або людей на кожній задачі, задля запобігання запізненням.

Таким чином, теорія фракталів демонструє якісно новий підхід у моделюванні управління проектами. Система переважно розрахована на IT компанії, які зацікавленні в ефективному управлінні проектними завданнями.

[1] Климчук С.О., Працьовитий М.В. Про один клас ніде не монотонних функцій з фрактальними властивостями, який містить підклас сингулярних функцій. Збірник праць Ін-ту математики НАН України. Т.14(4). (2017). С 19–33.

FRACTAL MODEL OF GROUP PROJECT MANAGEMENT

A. Zhytskyi, O. Svynchuk
The National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
andriyzhytskyi@gmail.com

The purpose of the work was to create a software application for group project management with fractal analysis system, namely to view the list of projects, multi-level task structure on each project, add and delete tasks, analyze each project phase.

РОЗПІЗНАВАННЯ ФЕЙКОВИХ НОВИН ЗАСОБАМИ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

К. Діжур, С. Вовк
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kdxkdx1006@rambler.ru

Завдяки стрімкому розвитку сучасних інформаційних технологій, сьогодні склалося таке інтерактивне середовище в суспільстві, в якому населення має рівні можливості для участі в обміні інформацією. Зазвичай споживачі не завжди зосереджені на тому, чи являється інформація, яку вони отримують або передають, справжньою або ні. Це призводить до поширення в суспільстві дезінформації – неправдивої, або фейкової, інформації. Неправдива інформація, що вводить в оману, може негативно впливати на свідомість аудиторії і підірвати різні стосунки, соціальні норми, цінності і традиції. Для запобігання цьому з'являється потреба у розробці автоматизованих систем для ідентифікації фейкових новин у засобах масової інформації та соціальних мережах, яка має на меті навчити споживачів протистояти цій дезінформації. В даній роботі розглядаються питання розпізнавання фейкових новин засобами нейронних мереж.

Проблема розповсюдження фейкових нових у мережі інтернет та засобах масової інформації сьогодні викликає занепокоєння багатьох провідних корпорацій, таких як Google, Youtube та Facebook. Фахівці цих компаній розробляють спеціальні проєкти і проводять прикладні дослідження з ідентифікації фальшивої інформації і протидії дезінформації в соціальних мережах. Метою даної роботи є використання засобів обробки природної мови з галузі Natural Language Processing (NLP), яка визначає загальний напрям штучного інтелекту та математичної лінгвістики, для розпізнавання та класифікації фейкових статей. Для цього було зібрано базу даних статей, оброблено тексти та перетворено статті у функції для використання в контрольованих та неконтрольованих моделях.

Щоб уникнути проблеми неоднозначності віднесення новини до розряду фейкових, для досліджень було використано базу фейкових статей з відкритого проекту Kaggle [1], який збирає дані за допомогою розширення браузеру BS Detector, що шукає за всіма посиланнями на сторінці посилання на ненадійні джерела та порівнює їх зі списком сторонніх доменів. Для оптимізації обробки тексту, зокрема видалення загальних слів, знаків пунктуації та відступів, було використано пакети spaCy і gensim у середовищі Python. Це допомогло зменшити розмір текстового масиву та додати контекст до перетворення функцій.

Щоб проаналізувати і змоделювати текст після попередньої обробки, його необхідно спочатку перетворити в об'єкти. Для цього використано статистичний метод TF-IDF, який дозволяє визначити, наскільки важливе слово для документу в масиві. Відповідне значення збільшується пропорційно тому, скільки разів слово з'являється в документі, але компенсується його частотою в загальному масиві. За допомогою TF-IDF було знайдено відносну важливість слів як в наборах даних фейкових, так і реальних новин.

Для отримання рівномірного розподілу за обома класами було використано матрицю похибок. Оскільки метою є розпізнавання фейкових новин, то ті статті, які правильно класифікуються як фейкові, - це є істинні (позитивні) результати, а фейкові статті, які було неправильно класифіковано як справжні, - це неправдиво-негативні

статті (помилка типу II). Статті, які було правильно класифіковано, є істинно-негативними, а неправильно класифіковані статті - неправдиві спрацьовування (помилка типу I). На рис. 1 наведена будова матриці похибок під час класифікації статей.

	Передбачено справжні	Передбачено фальшиві
Дійсно справжні	Дійсно негативні (ДН)	Хибно позитивні (ХП)
Дійсно фальшиві	Хибно негативні (ХН)	Дійсно позитивні (ДП)

Рис. 1. Матриця похибок при класифікації статей

Для візуалізації результатів моделі використовувався показник ROC AUC, який відображає показник справжніх позитивних результатів (чутливість) і рівень неправдивих позитивних результатів (реальні новинні статті, які було класифіковано неправильно) [2]. Було використано перехресну перевірку і пошук по сітці, щоб знайти кращі параметри для алгоритму TF-IDF для кожної окремої моделі. Моделі логістичної регресії і машини опорних векторів дали найкращі результати з використанням TF-IDF для відповідного перетворення тексту у функції. Для остаточної моделі було згенеровано складену модель, використовуючи прогнози початкових моделей. Було також додано результати моделювання тем в якості нових функцій та інформацію про довжину кожної статті і про те, чи є у неї автор. Ці функції у поєднанні з логістичною регресією надали такі результати: тільки 34 з 2208 фейкових статей були неправильно класифіковані з тестового набору, а підсумковий показник AUC склав 0,9876 (рис.2).

	Передбачено справжні	Передбачено фальшиві
Дійсно справжні	4665	50
Дійсно фальшиві	34	2174

Рис. 2. Результат класифікації статей за допомогою NLP

Таким чином, в доповіді розглядається розв’язання проблеми розпізнавання фейкових статей шляхом їх текстового аналізу, класифікації та моделювання відповідних масивів даних. Отримані результати можуть бути використані для покращення якості розпізнавання справжніх та фальшивих інформаційних даних.

[1] Fake and real news dataset [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.kaggle.com/clmentbisaillon/fake-and-real-news-dataset
[2] ROC-кривая [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://learnmachinelearning.wikia.org/ru/wiki/ROC-кривая

RECOGNITION OF FAKE NEWS BY MEANS OF NEURAL NETWORKS

K. Dizhur, S. Vovk
Oles Honchar Dnipro National University
kdxkdx1006@rambler.ru

Methods of recognizing fake news with the help of NLP have been studied. A database of articles is collected, texts are processed and articles are converted into functions for use in controlled and uncontrolled models.

АНАЛІТИЧНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧ ПЕРЕНЕСЕННЯ ЗАБРУДНЕНЬ У ДВОВИМІРНОМУ ПРОСТОРІ

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

Інтенсивне забруднення атмосфери різноманітними джерелами викидів є однією з сучасних проблем охорони навколишнього середовища. Нехай викид масою m відбувається між двома площинами, висота між якими L_z. На початку викид рівномірно розподілений по осі z, тому початкова формула буде записана в наступим чином

$$\mathrm{C}(x, y, t = 0) = m\delta(x)\delta(y). \tag{1}$$

Будемо вважати, що дифузії характерна анизотропія. Рівняння перенесення може бути записано [1]

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_y \quad . \tag{2}$$

Згідно закону Фіка та рівняння (2) дифузія в напрямку x та y від розподілів відповідних осей, тому рівняння (2) буде представлене як

$$\mathrm{C}(x, y, t) = C_1(x, t)C_2(y, t), \tag{3}$$

де C_1, C_2 – функції, які описують розподіл по координаті x та y відповідно. Після підстановки виразу (2) в (3) отримаємо:

$$C_2\left[\frac{\partial C_1}{\partial t} - D_x \frac{\partial^2 C_1}{\partial x^2}\right] - C_1\left[\frac{\partial C_2}{\partial t} - D_x \frac{\partial^2 C_2}{\partial x^2}\right] = 0. \tag{4}$$

Рішення рівняння можна отримати, якщо вирази у дужках дорівнюватиме нулю. Виконавши цю умову, для перщого виразу отримаємо

$$\frac{\partial C_1}{\partial t} = D_x \frac{\partial^2 C_1}{\partial x^2}. \tag{5}$$

Записавши рівняння (5) у вигляді виразу для вирішення одновимірного рівняння дифузії у неруховому необмеженому середовищі отримаємо

$$\mathrm{C}_1(x, t) = \frac{A_1}{2\sqrt{\pi D_x t}} \exp\left(-\frac{x^2}{4D_x t}\right), \tag{6}$$

Аналогічні перетворення проведемо для другого виразу у дужках рівняння (4). Загальне рішення буде записано:

$$\mathrm{C}(x, y, t) = C_1(x, t)C_2(y, t) = -\frac{A_1 A_2}{4\pi \mathrm{e}\sqrt{D_x D_y}}\left(-\frac{x^2}{4D_x t}\right)\left(-\frac{y^2}{4D_y t}\right), \tag{7}$$

де A_1, A_2 – константи. З умови

$$\mathrm{m} = \int_{y=-\infty}^{\infty}\int_{x=-\infty}^{\infty} \mathrm{C}(x, y, t)dxdy, \tag{8}$$

отримаємо, що $A_1 A_2 = m$.

Описані розрахунки були виконані у вигляді програмного забезпечення, використовуючи мову програмування Python. На рис. 1 наведено графік розподілу c(x, 0, t) , з масою викиду $\mathrm{m} = 3$ та дифузією $D_x = 0.107$, $D_y = 0.5$ ($L_z = 2$).

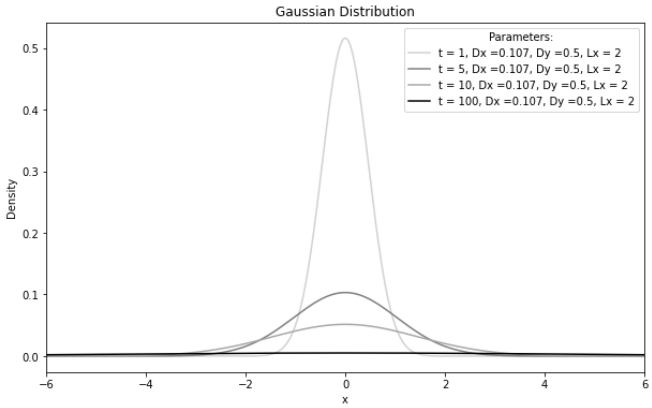


Рис. 1 Розподіл c(x, 0, t) в різні моменти часу

На рис. 2 зображені ізолінії розподілу при $t = 3$. Видно, що пляма забруднення дифундує по осі *y* далі, ніж по *x*.

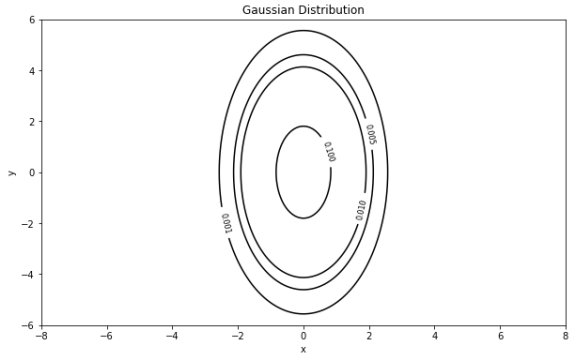


Рис. 2 Ізолінії розподілу c(x, y, t) при $t = 3$

[1] Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеивания примеси. Л.: Гидрометеоиздат, 1991, 275 с.

ANALYTICAL SOLUTION OF POLLUTION TRANSFER PROBLEMS IN TWO-DIMENSIONAL SPACE

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

Consider the spread of dot source pollution in a stationary environment (in two-dimensional space. The general decision is shown in formula 7. The maximum concentration is maintained at the point of emission. the value of the maximum concentration will decrease when the diffusion of pollution goes on all directions.

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРИКЛАДНОГО WEB-ДОДАТКУ

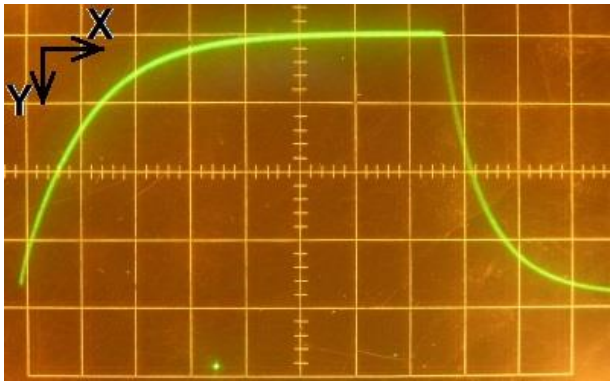
В. Рожков, Т. Прокоф'єв
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
morqw666@gmail.com, t104barmalei@yahoo.com

Для сучасних людей найважливішим і доступним джерелом інформації є мережа Інтернет і завдяки цьому розробка web-додатків є одним з найбільш перспективних напрямків діяльності для багатьох компаній, зайнятих у сфері високотехнологічних цифрових і комп'ютерних технологій. Web-сайт – основний осередок цього складного механізму, повноцінний інформаційний комплекс в мережі. Все більша кількість людей потребує використання webдодатків для збільшення ефективності їх роботи, за допомогою автоматизації виконання різних завдань, а також можливості бистрого доступу до таких програм. Створення власних web-додатків відіграє істотну роль в більшості сфер життєдіяльності людини.

Засоби подання інформаціїї можуть використовуватися не тільки для подання інформації на сайтах мережі Інтернет, але дозволяють створювати програмні продукти, на перший погляд, безпосередньо не зв'язані з мережею Інтернет. Такими програмними продуктами є прикладні web-додатки призначені для обробки наукових даних і модулювання процесів в фізичних і технічних системах. Вони можуть використовуватися науково-технічними співробітниками і можуть бути встановлені на сайтах мережі Інтернет відповідного призначення.

Дана дипломна робота присвячена розробці прикладного web-додатку для обробки цифрових зображень аналогових осцилограм, який може бути використаний при дослідженні часових параметрів перехідних процесів в електронних схемах. Реалізація програми включає мови HTML5, CSS3, JavaScript, бібліотеки jQuery і технології Canvas. Програмним середовищем для її використання є будь який браузер. Включає такі етапи:

1) Завантаження растрового зображення осцилограми у вікно програми;
2) Визначення масштабу часу;
3) Визначення координати лінії відліку миттєвих напруг сигналу;
4) Сканування координат лінії сигналу на растровом зображенні осцилограми в діапазоні часу, де має місце перехідний процес;
5) Розрахунок на підставі даних сканування значень та похибки їх визначення.



Растрове (цифрове) зображення аналогової осцилограми прямокутного імпульсу з фронтами, сформованими інтегруючим RC ланцюгом

Сканування здійснюється послідовно вздовж осі часу осцилограми (вісь X растрового зображення лінії миттєвих напргу сигналу U(t), відповідних області перехідного процесу. Миттєвим напргам U(t) відповідає вісь Y цифрового зображення. Якщо MU масштаб напруги цифрового зображення аналогової осцилограми вольт/піксель, а координата лінії відліку напруги yz, то можна привести формулу:

$$M_U|y(t) - yz| = M_U|y_A - yz| \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right),$$

де y(t) – значення координати y, що відповідає моменту часу t; y_A – координата, що відповідає амплітуді імпульсу напруги U_0. Значення yz сканується на рівні амплітуди U_0 для переднього фронту імпульсу напруги на рівні напруги для заднього фронту імпульсу.

[1] Шелиски Р. Компьютерное зрение теория и алгоритмы.
[2] https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/image-processing
[3] Мак-Фарленд Д. JavaScript and JQuery: Interactive Front-End Web Development

SIMULATION OF TRANSIENTS IN ELECTRICAL CIRCUITS USING WEB APPLICATION

V. Rozhkov, T. Prokofyev
Oles Honchar Dnipro National University
morqw666@gmail.com, t104barmalei@yahoo.com

The program for processing digital images of analog oscillograms for research of time parameters of transients is offered. The program is implemented using HTML5, CSS3, JavaScript, jQuery libraries and Canvas technology. The software environment for its use is any browser.

The web-application developed in the graduate work can be used both in disciplines of digital electronics and used on Internet sites dedicated to digital electronics.

ФІЛЬТРАЦІЯ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ РЕАЛЬНИХ ЗАВАДОВИХ СИТУАЦІЙ

В. Ребров, В. Лукін
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
sinergyworld1@gmail.com

Кольорові (триканальні) зображення часто зустрічаються і використовуються в повсякденному житті. Вони застосовуються в медичній діагностиці, дистанційному зондуванні з авіаційних носіїв і з космосу [1], численних мультимедійних додатках. На практиці усі кольорові зображення неминуче зашумлені в більшій чи меншій мірі через базовий принцип їх формування та внаслідок інших факторів.

Зазвичай припускають, що характеристики завад в усіх компонентних зображеннях є ідентичними, але на практиці це не так. Для методів покомпонентного придушення шуму адаптуватися до цього факту досить легко, але для методів

тривимірної фільтрації така адаптація може бути проблематичною. Для методів тривимірної фільтрації на основі дискретного тривимірного косинусного перетворення (ДКП) характеристики фільтрації можна оптимізувати за рахунок встановлення коефіцієнту β, який використовується для встановлення порогів [2]. На *рисунку 1* наведені тестові зображення, для яких моделювався шум з із значеннями дисперсії, рівними 130 для зеленої та 260 для червоної та синьої компоненти.

Рис. 1. Базові зображення № 1, 5, 7, 9, 13, 19 та 23 з бази TID 2008

Для оцінки якості фільтрації зображень використовувалася метрика PSNR-HVS-M яка враховує систему зору людини[3]. Результати при оптимальних значеннях коефіцієнта β наведені в *таблиці 1*.

Таблиця 1 – Порівняння результатів фільтрації

Зображення №	Тип фільтра	PSNR-HVS-M, дБ		
		R	G	B
1	2D-DCT	29,65	33,14	29,81
	3D-DCT	33,51	34,91	33,70
5	2D-DCT	30,11	33,59	30,12
	3D-DCT	32,64	35,12	32,46
7	2D-DCT	31,73	34,92	31,89
	3D-DCT	33,49	35,60	33,75
9	2D-DCT	32,18	35,09	32,05
	3D-DCT	34,64	36,03	34,53
13	2D-DCT	29,12	32,48	29,31
	3D-DCT	32,67	33,81	32,36
19	2D-DCT	31,32	34,19	31,47
	3D-DCT	33,65	35,95	33,89
23	2D-DCT	33,08	35,32	32,78
	3D-DCT	34,18	36,11	34,18

Метою даної роботи було дослідження того як коефіцієнт β впливає на результат фільтрації кольорових зображень при використанні одновимірного і багатоканального ДКП фільтрів.

З отриманих результатів видно, що, при коефіцієнтах β, на які припадає оптимальні значення метрик, в середньому для тривимірного ДКП фільтра значення метрики на 2,5дБ більше, ніж для одновимірного ДКП фільтра. З цього можна зробити

висновок, що використання багатоканального ДКП фільтру є доцільним для фільтрації кольорових зображень. Але треба надати практичні рекомендації щодо коефіцієнта β, який дозволяє досягти оптимального результату при фільтрації.

[1] Шовенгердт Р. А.: Дистанционное зондирование: модели и методы обработки изображений. - К.: Академическая пресса, Орландо, 2006 – с. 560.
[2] Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учебное пособие / Н. Н. Красильников. - П.: БХВ-Петербург, 2011. - с. 608
[3] Анализ эффективности методов сжатия изображений в соответствии с различными критериями качества / В. В. Лукин, Н. Н. Пономаренко, С. С. Кривенко. – М.: Радиоэлектроника и информатика, 2007. – с. 85-90.

COLOR IMAGE FILTRATION FOR REAL NOISE SITUATIONS

V. Rebrov, V. Lukin
National Aerospace University, Kharkiv Aviation Institute
sinergyworld1@gmail.com

The aim of this work was to study how the coefficient β affects the result of filtering color images using one-dimensional and multi-channel DCT filters.

From the obtained results it is seen that, at the coefficients β, which account for the optimal values of the metrics, on average for a multi-channel DCT filter, the metric value is 2.5 dB higher than for a one-dimensional DCT filter. From this we can conclude that the use of a multi-channel DCT filter is appropriate for filtering color images. But it is necessary to provide practical recommendations for the coefficient β, which allows to achieve the optimal result when filtering.

RECOGNITION TOOLS AND FAST DATA PROCESSING OF MOVING TWO-DIMENSIONAL IMAGES

N. Skyba
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
skybanadiia086@gmail.com

The most common two-dimensional images, which are widely used in all areas and industries, are QR-codes. Now they are everywhere and in different variations. The accuracy of methods for recognizing a moving two-dimensional image in real-time is low. These are problems of existing systems because the energy consumption is high and the speed is not optimal. The solution is a system that quickly recognizes moving two-dimensional images and has tools to repair damaged data.

It is proposed the idea of developing a recognition system based on a backpropagation neural network [1] that has complex process architecture (Fig. 1). The backpropagation algorithm in a neural network computes the gradient of the loss function for a single weight by the chain rule. It efficiently computes one layer at a time, unlike a native direct computation. It

computes the gradient, but it does not define how the gradient is used. It generalizes the computation in the delta rule.

The principle of the inverse propagation approach is to model the given functions by changing the internal important input signals to obtain the expected output signal. In the reverse propagation phase, the error signal is returned to the original connection path by changing the weight of the neurons of each layer, sequentially propagating the input level for calculation, and then through the process of direct propagation, reusing these two processes so that the error signal is minimized. The system is trained using the method of learning to consider when the error between the original system and the known expected result is represented by the system and used to change its internal state.

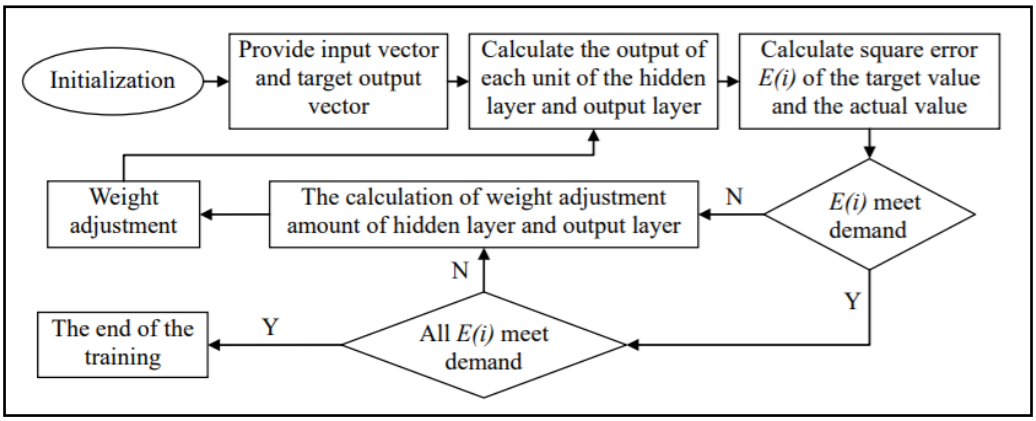


Fig. 1. BP algorithm flow chart.

1. Initialization: a series of parameters in the neural network are randomly generated during the network initialization process.
2. Determine the learning sample of the neural network, the expected output of the sample, and the selected excitation function.
3. Learn to calculate the actual output through the neural network.
4. According to the global error and the local error of each layer, connection weight and the threshold between each node are corrected.
5. Continue to input samples and repeat the aforementioned operations for learning. Once the error meets the requirements, the learning ends.

Technically, the backpropagation algorithm is a method of training weights in a multilayer neural network with direct communication. Thus, it requires determining the structure of the network of one or more layers, where one layer is completely connected to the next.

The input layer represents the data that can be simple scalars and complex vectors or even multidimensional matrices:

$$x_i = a_i^{(1)}, \quad i \in 1,2,3,4.. \tag{1}$$

The process of learning a network is to adjust the weights to minimize error. In other words, the goal is to bring the outputs of the system closer to the actual results. The expected number of output values is used to convert class values in the training data into simultaneous coding. This is a binary vector with one column for each class value to match the network results. This is required to calculate the error of the source layer. When the error becomes less than the allowable level, the network training ends. After this process, the network best represents the real system. Further adjustment of weights is based on the best decent method.

The final values are stored at the hidden neurons layer that is executed by activation non-linear function and it allows the network to learn complex patterns in data [2].

To test the method of recognizing a moving two-dimensional image, experiments are performed based on neural network methods and existing methods. Practical studies show that the proposed method is stable and reliable, demonstrates excellent performance, which is mainly associated with binarization of the image [3]. The method reduces energy consumption, increases recognition accuracy, and improves real-time recognition.

[1] Winter M. Scan me: Everybody's Guide to the Magical World of QR Codes. Westsong Publishing. (2011). 144 p.
[2] Szentandrási I., Herout A., Dubská M. Fast detection and recognition of QR codes in high-resolution images. In: Proceedings of 28th Spring conference on Computer Graphics. Bratislava: Comenius University in Bratislava. (2012). P. 1-8.
[3] Boyles A. The Complete Guide to QR Codes Kindle Edition. QR-Codes.com. (2012). 35 p.

ЗАДАЧА ГРАФ-СХЕМНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ КЛАСИФІКАТОРІВ

І. Повхан
Ужгородський національний університет
igor.povkhan@uzhnu.edu.ua

На сьогодні відомі різні схеми побудови та представлення дерев класифікації. Проте всі вони, як правило, зводяться до побудови одного дерева класифікації за даними навчальної вибірки. Відмітимо також, що в літературі дуже мало алгоритмів побудови дерев класифікації для вибірок великого об'єму. Зрозуміло, що це має під собою об'єктивні фактори, пов'язані з особливостями генерації таких складних структур, методиками роботи з ними та зберіганням. Навіть використовуючи інструментарій Java або C#, необхідно забезпечити реалізацію спеціальних структур даних для роботи з логічними деревами, а готові бібліотеки класів (LightGBM, XGBoost) хоча і близькі ідеологічно (схема логічного дерева), але не дозволяють реалізувати концепцію алгоритмічного дерева класифікації, яке складається з набору вершин – різнотипних автономних алгоритмів класифікації. Проте, основним недоліком при побудові дерев класифікації є відсутність алгоритмів та методів, котрі б давали змогу одноманітно описувати різні алгоритми у вигляді логічних дерев.

Нехай навчальна вибірка задана у вигляді деякої таблиці (матриці) - $\{x_{i,j}\}$ – значення j – вої ознаки i – го об'єкта вибірки $(i=1,...,k;\ j=1,...,n)$. Для спрощення викладання вважаємо, що $x_{i,j} \in \{0,1\}$, m – рядків вибірки характеризує клас Ω_1, а інші – Ω_2. Побудуємо за даними навальної вибірки (НВ) логічне дерево класифікації (ЛДК) - (Рис. 1). У першу вершину логічного дерева ставимо ознаку x_1 і від неї будуємо повний шлях, який відповідає набору $x_{1,1}, x_{1,2},..., x_{1,n}$, тобто з вершини з ознакою x_j виходить стрілка, що входить у вершину з ознакою x_{j+1} (номер стрілки залежить від значення, яке приймає $x_{1,j}$, у кінцевій вершині ставимо значення f_R (функції розпізнавання).

Для наступного об'єкта $w_2 = (x_{2,1},..., x_{2,n})$ при $w_1 \neq w_2$ ЛДК змінюється наступним чином: при $x_{2,j} \neq x_{1,j}$ з вершини з ознакою x_j проводимо другу стрілку, яка відповідає значенню $x_{2,j}$ (для зручності стрілки з номером 0 розташовуємо з лівого боку, а 1 – з правого), та в кінці стрілки ставимо вершину з ознакою x_{j+1}. На наступному кроці з цієї вершини проводимо стрілку, відповідну значенню ознаки x_{j+1} і так далі. Зрозуміло, що в кінцеву вершину ставимо значення $f_R(w_2)$ (Рис. 1). Аналогічним чином добудовуємо ЛДК для всіх інших наборів начальної вибірки. Якщо на одному ЛДК зустрічаються два або декілька однакових наборів із різних класів (різних значень функції розпізнавання), то кількість значень функції f_R (відповідних цим наборам) фіксуємо в кінцевій вершині і остаточно записуємо те значення функції f_R, для якої кількість наборів буде максимальною. Якщо кількість значень функції f_R однакове в деякій кінцевій вершині, то перевагу віддаємо образу, потужність якого менше. Після цього побудову ЛДК за даними НВ будемо рахувати закінченим. Якщо кількість значень функції f_R однакове в деякій кінцевій вершині, то перевагу віддаємо образу, потужність якого менше. Після цього побудову ЛДК за даними НВ будемо рахувати закінченим. Задача розпізнавання образів полягає в тому, щоб побудоване ЛДК класифікувало всі набори ТВ, які не входять в НВ (зауважимо, що набори об'єктів НВ, логічне дерево розпізнає без помилок за рахунок їх фіксації в структурі самого дерева). Після побудови ЛДК за даним алгоритмом будемо мати структуру, де не з усіх вершин виходять дві стрілки. Це дозволяє провести просту мінімізацію – якщо з вершини виходить одна стрілка, то її разом зі стрілкою видаляємо зі структури ЛДК.

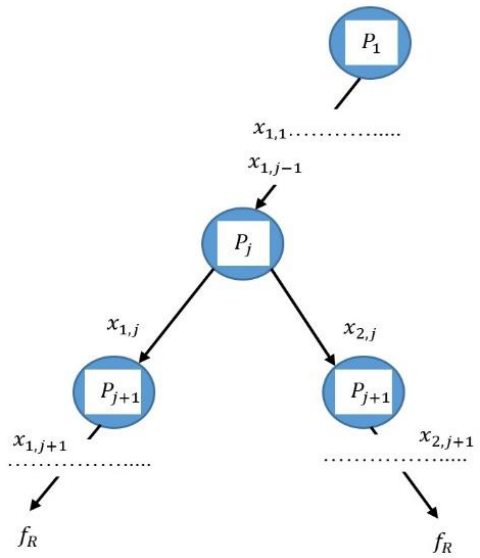


Рис. 1. Загальна схема побудови ЛДК.

Мінімізоване таким чином ЛДК позначимо через ЛДК*. Відмітимо наступні загальні властивості ЛДК:

1) складність (під складністю дерева розуміємо загальну кількість вершин у ЛДК) ЛДК* менше ніж складність початкового ЛДК (при мінімізації відбувається відсів найменш важливої інформації);

2) ЛДК*, так само як і початкове ЛДК, безпомилково класифікує об'єкти НВ та забезпечує екстраполяцію наборів тестової вибірки, котрі не зустрічались в масиві початкових даних НВ.

[1] Povhan I. Designing of recognition system of discrete objects. Proceedings of the “2016 IEEE First International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)”, August 23-27, 2016. Lviv, Ukraine, 2016. P. 226-231.
[2] Повхан І.Ф. Особливості синтезу узагальнених ознак при побудові систем розпізнавання за методом логічного дерева. Матеріали між. наук. – прак. конференції “Інформаційні технології та комп‘ютерне моделювання ІТКМ-2019”, Івано – Франківськ, 2019. С. 169-174.
[3] Povkhan I. A constrained method of constructing the logic classification trees on the basis of elementary attribute selection. CEUR Workshop Proceedings: Proceedings of the Second International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020), Zaporizhzhia, Ukraine, April 15-19, 2019. CEUR Workshop Proceedings (CEUR-WS.org), Vol. 2608. P. 843-857.
[4] Povhan I. General scheme for constructing the most complex logical tree of classification in pattern recognition discrete objects. Електроніка та інформаційні технології : зб. наук. пр. – Львів, 2019. Вип. 11. С. 112–117.
[5] Повхан И.Ф., Василенко Ю.А., Василенко Э.Ю. Концептуальна основа систем розпізнавання образів на основі метода розгалуженого вибору ознак. European Journal of Enterprise Technologies. 2004. №7(1). С. 13–15.

THE TASK OF GRAPH-SCHEMATIC REPRESENTATION OF CLASSIFIERS

I. Povkhan
Uzhgorod national University
igor.povkhan@uzhnu.edu.ua

An approach to the synthesis of new classification schemes based on logical tree structures is proposed. An effective algorithmic scheme for recognizing discrete objects based on the logical tree method based on step-by-step evaluation and selection of generalized features at each stage of the scheme synthesis is presented.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОНТЕЙНЕРІЗАЦІЇ ASP.NET CORE ТА JAVA НА РІЗНИХ ПЛАТФОРМАХ

В. Кузякова, Т. Прокоф'єв
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kuziakova_vv@ffeks.dnu.edu.ua

При розробці серверного програмного забезпечення украй важливим етапом являється вибір мови програмування, на якому вестиметься розробка. Від цього вибору надалі багато що залежить. Наприклад, серверна операційна система, або організація робочих процесів CI/CD(continuous integration / continuous delivery). У зв'язку з великою складністю, а часто і неможливістю, змінити мову програмування на пізніх стадіях

розробки, розуміння переваг і недоліків схожих серверних мов програмування надзвичайно важливе для правильного вибору.

З метою виявлення переваг і недоліків, на різних платформах таких поширених мов програмування як C# і Java було проведене дослідження їх особливостей і способів розгортання на платформах Ubuntu Server і Windows Server, а також переваг і недоліків цих мов при виборі конкретного чину розгортання.

Головний принцип розгортання одного додатку на різних операційних системах як для C#, так і для Java це використання одного з двох засадничих підходів. Ці підходи - контейнеризація і віртуалізація. Віртуальна машина - це повністю ізольоване програмне середовище, що емулює апаратне забезпечення. У основі віртуалізації лежить використання віртуальної машини. Контейнер - це віртуальне середовище, яке забезпечує інтерфейс взаємодії між призначеними для користувача застосуваннями і методами ядра хоста. У основі контейнеризації лежить використання контейнера. Java і C# в стандартній конфігурації використовують для розгортання віртуальну машину (JVM і DNX відповідно). [3] Також програми на обох мовах можуть запускатися в Docker. Docker - автоматизований засіб управління віртуальними контейнерами. Проте,незважаючи на наявність DNX, C# тісно прив'язує розробників до платформи Microsoft,у відмінності від JVM, що однаково функціонує на обох платформах. У Docker додатка на Java показують значно більше споживання ресурсів ніж додатки на C#.

Код на Java запущений за допомогою віртуальної машини порівнюється з кодом на C# запущеному в контейнері Docker, оскільки запуск програм Java за допомогою віртуальної машини показує найкращі результати на обох платформах в порівнянні з їх запуском за допомогою контейнерів, а код на C# запущений в контейнері Docker показує найкращі результати на обох платформах в порівнянні з його запуском на віртуальній машині. [2] Для порівняння використовувалися програми з щосекундним подвоєнням кількості зовнішніх REST запитів, математичних операцій і операцій в паралельних потоках. продуктивності що говорить про приблизно рівні можливості цих мов за заданих умов. За критерієм продуктивності не можна віддати перевагу конкретній мові програмування. Проте, враховуючи різний спосіб розгортання можна порівнювати особливості віртуальної машини і контейнера. Основними перевагами C# запущеного в контейнері Docker є простішими і ефективний CI/CD завдяки складкам одного контейнера під (Dev, Test, Prod), і мінімальне споживання апаратних ресурсов за рахунок використання методів ядра хоста. [1] Основними недоліками є використання додаткового ПО (Docker) і ускладнений за рахунок стороннього ПО процес розробки і першого запуску. Основними перевагами Java на віртуальній машині є проста і зручна робота "з коробки" на обох операційних системах, стабільна робота, що не вимагає додаткових налаштувань оточення. Основними недоліками є високе споживання ресурсів і ускладнена інтеграція в процесі розробки і тестування командами. Результатом дослідження став набір показників що дозволяє доповнити критерії вибору мови програмування з боку їх контейнеризації і віртуалізації.

[1] When to choose .NET for Docker containers [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/microservices/net-core-net-framework-containers/net-core-container-scenarios.
[2] Oracle Linux Virtualization Manager [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.oracle.com/en/virtualization/oracle-linux-virtualization-manager/index.html.
[3] Java and C# are Obsolete in the Age of Docker [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://medium.com/star-gazers/java-and-c-is-obsolete-in-the-age-of-docker-39fb0d28f8b6.

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONTEINERIZATION OF ASP.NET CORE AND JAVA ON DIFFERENT PLATFORMS

V. Kuzyakova, T. Prokofiev
Oles Honchar Dnipro National University
kuziakova_vv@ffeks.dnu.edu.ua

At development of server software very the important stage is a choice of programming on that development will be conducted language. On this choice a great deal depends in future. For example, server operating system, or organization of working processes of CI/CD(continuous integration / continuous delivery). In connection with large complication, and often and by impossibility, to change a programming language on the late stages of development, understanding of advantages and defects an alike server as if programming it is extraordinarily important for a correct choice.

АСИМЕТРИЧНЕ ШИФРУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ В ПЕРСОНАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

В. Дениско, О. Волковський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
viacheslavdenysko@gmail.com, volkovskyj@ffeks.dnu.edu.ua

Сучасна криптографія є основою комп'ютерної безпеки. Основним компонентом криптографії є шифрування. Повідомлення шифруються та розшифровуються за допомогою складних алгоритмів, створених комбінацією інформатики та математики. Криптографічні системи в даний час поділені на дві основні галузі дослідження: симетрична та асиметрична криптографія.[1]

Головна відмінність асиметричних алгоритмів шифрування - використання двох ключів: відкритого і закритого (особистого). Відкритий ключ використовується для шифрування, а приватний для дешифрування. Ключі формуються разом за алгоритмом генерації ключів. Знаючи один ключ, за розумний час, не повинно бути можливим знайти другий. Тобто, будь-яка людина з відкритим ключем може зашифрувати повідомлення, але тільки власник особистого ключа може розшифрувати його.[2]

Кожен з двох типів алгоритмів має свої переваги й недоліки. Основним недоліком симетричного шифрування є проблема розподілу ключів. Оскільки для прямого і зворотного криптографічного перетворення використовується один ключ, то він повинен бути переданий всім, кому потрібен доступ, а це створює певні ризики із захистом інформації. Але даний клас алгоритмів має наступні переваги: набагато швидше асиметричного і вимагає меншої обчислювальної потужності. У свою чергу перевагою асиметричних алгоритмів є вирішення проблеми розподілу ключів, за рахунок застосування двох ключів, як було сказано раніше. Але, як ми з'ясували, вони набагато повільніше, тому що вони потребують значно більшу кількість операцій.[1,2]

Найбільш популярним алгоритмом асиметричної криптографії є алгоритм RSA (абревіатура з прізвищ розробників Rivest, Shamir і Adleman) - криптографічний алгоритм з відкритим ключем, заснований на труднощах факторизації великих цілих

чисел. Цей алгоритм став першим придатним і для шифрування, і для цифрового підпису.[2]

У криптографічних системах з відкритим ключем кожен учасник має як відкритим ключем, так і особистий ключ. У системі RSA кожен з ключів складається з пари цілих чисел. Кожен учасник створює особистий і відкритий ключі самостійно. Особистий ключ кожен з них тримає в секреті, а відкритий ключ можна публікувати та повідомляти. Відкритий і особистий ключі кожного учасника утворюють «узгоджену пару», тобто вони є взаємно зворотними.[1]

В основу криптографічного системи з відкритим ключем RSA покладена складність завдання факторизації двох великих простих чисел. Для шифрування використовується операція піднесення до степеня за модулем великого числа. Для дешифрування за розумний час необхідно вміти обчислювати функцію Ейлера від даного великого числа, для чого необхідно знати розкладання числа на прості множники.[1,2]

Для реалізації програмного забезпечення для шифрування та дешифрування за допомогою алгоритму RSA в персональних системах можна використати наступний набір інструментів:

- HTML - HyperText Markup Language - мова гіпертекстової розмітки:
- CSS - Cascading Style Sheets - каскадні таблиці стилів;
- JS – JavaScript - об'єктно-орієнтована мова програмування:
- Python - високорівнева мова програмування.

Кожен з обраних інструментів має своє призначення. Так, завдяки мові розмітки HTML вдасться розробити структуру програми. При додаванні стилів за допомогою CSS буде стилізовано створену структуру. JavaScript буде використаний для налагодження зв’язку сервера та клієнта. Під сервером розуміється ядро програмного забезпечення, де і будуть реалізовані усі розглянуті вище алгоритми, а під клієнтом розуміється графічний інтерфейс програми, завдяки якому користувач зможе віддавати команди програмі. Те саме ядро програми буде реалізовано на мові програмування Python.[3]

Рис. 1. Загальна блок-схема реалізованого програмного забезпечення

[1] Шнайер Б. Прикладна криптографія. Пер. з англ. – М.: Радіо та зв'язок (1999). 696 с.
[2] Іванов М. Криптографічні методи захисту інформації в комп'ютерних системах і мережах. – М.: Кудіц-Образ (2001). 368 с.
[3] Еріксон Д. Хакінг: мистецтво експлойта. Пер. з англ. – М.: Пітер (2019). 496 с.

ASYMETRIC ENCODING DATA FOR REALIZATION IN PERSONAL SYSTEMS

V. Denysko, O. Volkovskyj
Oles Honchar Dnipro National University
viacheslavdenysko@gmail.com, volkovskyj@ffeks.dnu.edu.ua

Cryptography is the cornerstone of computer security. The main component of cryptography is encryption. Occasionally, it is encrypted and encrypted with the help of folding algorithms, developed by the combination of computer science and mathematics. Cryptographic systems in the Danish hour of submission to two main hallucinations of the past: symmetric and asymmetric cryptography.

ОСОБЛИВОСТІ ОПТИМІСТИЧНОГО ПЕРЕДБАЧЕННЯ ЗНАЧЕННЯ ЛІЧИЛЬНИКА ПОВТОРЕНЬ ФІЗИЧНИХ ВПРАВ ПО ВИХІДНОМУ СИГНАЛУ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Ю. Бройде
Черкаський державний технологічний університет
124bit@gmail.com

Сьогодення диктує необхідність та нагальність цифровізації у сфері фізичної культури та спорту. Існує низка підходів до вирішення задачі підрахунку ітерацій фізичної вправи за відеопотоком, зокрема класичні методи включають у себе результати дослідження, які почалися після того як з’явились цифрові відеокамери, методи, що базуються на штучному інтелекту [1,2]. Вони можуть працювати офлайн та з деякими модифікаціями онлайн. Для застосування офлайн методу у онлайн обробці достатньо перезапускати його кожен фіксований відрізок часу на усіх історичних даних, та згідно з результатом оновлювати лічильник, але у будь-якому разі усі ці методи потребують часу на обчислення, що призводить до затримки зворотного зв'язку до користувача.

За для уникнення втрат від затримки на обчислення можна використовувати методи передбачення сигналу. При цьому послідовність поз фізичної вправи є квазіперіодичним сигналом, і тому для передбачення моменту кінця ітерації логічно використовувати складний інструментарій для аналізу квазіперіодичних послідовностей, але більшість методів передбачення призначені для аналізу вхідного сигналу з низьким рівнем викидів. А у випадку аналізу послідовності поз сигнал має регулярні статистично непередбачувані викиди, що не дозволяє використовувати цей інструмент без попередньої обробки. Водночас попередня обробка, яка повинна фільтрувати аномалії та/або згладжувати сигнал може бути зроблена на базі: moving average або Savitzky–Golay filter. Ці та більшість інших методів попередньої обробки сигналу мають надлишок даних на кінцях послідовності, що унеможливлює їх використання з вищезгаданими методами передбачення, бо необхідність надлишку даних призводить до затримки пропорційної довжини надлишку.

Автором [3] автором запропоновано новий метод аналізу вихідного сигналу нейронної мережі, що оцінює положення людини у просторі, шляхом виконання підрахунку повторень вправи "присідання". В основі цього методу лежить машина станів, яка додає одиницю до лічильника повторень у момент закінчення циклу вправи. Впровадження цього методу на початкових етапах алгоритму аналізу вправи допоможе у подальшому розробляти системи, що перевіряють техніку присідання та допомагають спортсменам і тренерам під час тренування, а також науковцям у сфері біомеханіки під час їхньої професійної діяльності. Відмінною рисою даного методу є стійкість як до викидів вхідного сигналу, тобто неправильних результатів розпізнавання пози людини нейронною мережею, так і до рухів людини, які не належать до вправи безпосередньо. Окрім цього, застосування цього методу до аналізу сигналу нейронної мережі дає змогу поєднати позитивні якості, властиві нейронним мережам, використовуваним в комп’ютерному зорі (допустимість високої варіабельності одягу і фону), і позитивні якості аналітичних та алгоритмічних методів (легка інтерпретованість результатів, зручне налагодження, можливість використання предметного досвіду спеціалістів для підбору параметрів).

Метод оптимістичного передбачення кількості ітерацій фізичної вправи за вихідним сигналом нейронної мережі оцінює 3d положення людини по одному відео, на прикладі вправи "присідання", для можливості імплементації систем з моментальним зворотнім зв'язком для кінцевого користувача. На вході системи, очікується послідовність тривимірних координат кожного суглобу людини. При цьому сигнал може бути отриманий з класичних систем таких, як MoCAP системи засновані на гіроскопах (Xsens), або на аналізі стану міток з декількох камер (Vicon), а також на RGB-D сенсорах (Kinect). Аналіз сигналу, що базується на підрахунку повторень вправи, з сучасної нейронної мережі є більш складним завданням, ніж аналіз сигналу за класичною системою, бо на досліджуваний момент такий сигнал є менш точним, а також статистичні характеристики викидів такого сигналу не мають математичної моделі. Для аналізу такого багатовимірного сигналу, як послідовність поз людини, потрібно розробити систему, яка проводить візуальне представлення сигналу. Саме візуальне представлення поз людини у просторі під різними кутами спостереження було розроблено на основі мови програмування Python3 та пакету matplotlib, а для підрахунку присідань використовується машина станів із проведеного раніше дослідження [3]. При цьому, транзакції машини станів відбуваються при зміні класу пози.

Дослідження проводилися за рахунок порівняння моменту додавання одиниці до лічильника людиною, та запропонованим методом. Виявилося, що момент інкременту лічильника практично співпадає у людини тренера та у запропонованого методу оптимістичного передбачення кількості ітерацій. Відмінності було знайдено лише у фінальному кроці методу. Людина не виправляла лічильник у разі невірної вправи. Замість цього вона повторювала значення лічильнику під час наступного інкременту.

Виходячи з результатів проведеного дослідження можна зробити висновок, що оптимістичне передбачення значення лічильника повторень може використовуватися для імітації моментальної обробки сигналу з нейронної мережі. Цей підхід можна використовувати також для передбачення кількості повторень інших ітеративних вправ, ітерація яких триває більше секунди (у випадку коротких ітерацій – передбачення не має сенсу).

[1] Bruno Ferreira, Pedro M. Ferreira, Gil Pinheiro, Nelson Figueiredo, Filipe Carvalho, Paulo Menezes, Jorge Batista (2020): Exploring Workout Repetition Counting and Validation Through Deep Learning, ICIAR 2020.

[2] Debidatta Dwibedi, Yusuf Aytar, Jonathan Tompson, Pierre Sermanet and Andrew Zisserman (2020) Counting Out Time: Class Agnostic Video Repetition Counting in the Wild CVPR '20.
[3] Бройда Ю. Кількісний метод розрахунку наближеності вправ на основі вихідного сигналу нейронної мережі. Управління розвитком складних систем. 2020. 44. С. 65-69, dx.doi.org \ 10.32347/2412- 9933.2020.44.65-69.

FEATURES OF THE OPTIMISTIC PREDICTION METHOD FOR VALUE COUNTER OF PHYSICAL EXERCISES REPETITIONS ON THE OUTPUT SIGNAL OF THE NEURAL NETWORK

J. Broyda
Cherkasy State Technological University
124bit@gmail.com

In recent years, due to the rapid development of artificial intelligence systems and computer vision new neural network architectures appeared, which main function is to assess the three-dimensional posture of a person on one video stream. Posture assessment, signal analysis, and result generation for the end-user inevitably take some time, while in some cases the end-user needs immediate feedback. Features of optimistic prediction are based on the number of repetitions of the exercise until the end of a specific iteration of the exercise during the analysis of the output signal of the neural network, which evaluates the three-dimensional position of the person. This method is based on the addition of the exercise iteration counting state machine. This addition increments the counter in the middle of the exercise and performs the decrement if the exercise is declared invalid after the end of the exercise. Application of this method in algorithms of the analysis of exercise will allow emitting number of exercise repetitions without delay as the human coach does.

ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ IEEE 802.11 З ВИСОКОІНТЕНСИВНИМ ТРАФІКОМ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

В. Хандецький, Д. Сівцов, К. Панін
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
v.khandetsky@gmail.com, sdp31415@gmail.com

Використання комп'ютерних мереж стандарту IEEE 802.11 (Wi-Fi) у теперішній час інтенсивно поширюється в різноманітних сферах діяльності суспільства, в тому числі на виробництві. З'являються і активно впроваджуються технології п'ятого (802.11ac) і шостого (802.11ax) поколінь з фізичними швидкостями, які відповідно наближаються і перевищують 10 Гбіт/с. Інтенсивність трафіку в мережах постійно зростає завдяки як збільшенню трафіка кожної окремої станції (кожного користувача), так і збільшенню кількості станцій, працюючих з однією точкою доступу. При цьому, внаслідок використання загального середовища передачі даних, суттєво зростає інтенсивність колізій, що у відповідності з діючим процесом конкурентного доступу, який реалізується із застосуванням розподіленої координатної функції (DCF) та алгоритмом запобігання колізій CSNA/CA, приводить до зниження швидкості передачі інформації.

Теоретичні положення, які описують функціонування таких мереж, розроблені в роботах [1,2] та розвинуті в ряді інших [3]. Вони базуються на використанні математичного апарату марковських ланцюгових моделей. При цьому DCF механізм збігається до стабільного стану при насиченому навантаженні, тобто максимально можливій інтенсивності трафіка кожної станції. В неявній формі визначена імовірність успішної передачі фрейма станцією до точки доступу та імовірність колізії в залежності від кількості одночасно працюючих станцій. Відповідно до цього одержано вираз щодо смуги пропускання мережі.

При розгортанні бездротових мереж в цехах виробничих підприємств з високим рівнем промислових завад значно збільшується інтенсивність бітових помилок (BER) в каналі передачі. Результатом є збільшення випадків викривлення і, відповідно, втрат інформаційних фреймів в процесі передачі, яке, в свою чергу, зменшує пропускну здатність. Цей ефект посилюється у високошвидкісних мережах. Проблема полягає в обмеженій здібності алгоритмічної підтримки справитися зі складністю бездротового середовища передачі інформації внаслідок загасання сигналів, колізій фреймів, впливу внутрішніх і зовнішніх промислових завад. Користувачеві пристої мережі не можуть відокремити один тип втрат від іншого, тому що симптоми є однаковими і полягають у відсутності підтвердження успішного прийому фрейма від точки доступу.

Метою нашої роботи є розвиток існуючих теоретичних положень в напрямку створення моделі, яка б дозволяла одночасно враховувати вплив як інтенсивності трафіку так і рівня зовнішніх завад на пропускну здатність бездротової мережі. Значний практичний інтерес представляє розробка обгрунтованих пропозицій щодо збереження допустимого рівня швидкості передачі інформації при значній інтенсивності трафіка мережі, розгорнутої безпосередньо на виробництві, в умовах високого рівня завад, що відповідає значенням $BER=5\cdot10^{-5}$ - 10^{-4}.

В своїх дослідженнях ми базувались на використанні дискретного у часі гаусового каналу без пам'яті. В такому каналі бітові помилки є незалежними і однаково розподіленими по розрядах фрейму.

На основі вищесказаного одержано вираз для пропускної здатності S мережі, яка, при ряді фіксованих параметрів, визначаємих конкретною специфікацією стандарту IEEE 802.11, явно залежить від кількості одночасно працюючих в режимі насичення станцій n, інтенсивності (імовірності) бітових помилок P_b та довжини поля даних фрейму L. Відповідні залежності розраховані для значень від $P_b=10^{-5}$, що характеризує підвищений рівень завад, до $P_b=10^{-4}$, що є показником високого рівня. При цьому для L=12000 біт величина S практично дорівнює нулю при n=80. Значення S залежить також від від початкової величини конкурентного вікна W_0, яке визначає ступінь відтермінування передачі фрейму згідно усеченому експоненційному двійковому алгоритму. Збільшення W_0 від W_0=16 до W_0=32 призводить до суттєвого (декілка десятків процентів) зменшення максимальних значень S при різних P_b.

Зменшення довжини фрейму знижує імовірність його пошкодження P_f зовнішніми завадами. Досліджені залежності пропускної здатності мережі S від кількості одночасно працюючих станцій n при зменшенні довжини поля даних фрейму L від L=12000 біт до L=2000 біт. Показано, що при рівні BER=10^{-4} і L=12000 біт P_f=0,7 і максимальне значення S_{max}=13,73 Мбіт/с (при фізичній швидкості 54 мбіт/с), а при L=2000 біт P_f знижується до P_f=0,18 і S_{max}=5,09 Мбіт/с. Зниження S обумовлюється підвищенням відносної ваги накладних втрат за рахунок незмінності обсягу службової інформації, яка забезпечує процес передачі. На нашу думку підвищити значення S при фрагментації фрейму можна шляхом зменшення кількості квитанцій АСК від точки доступу з відповідним скороченням міжфреймових інтервалів.

[1] Bianchi G. Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function. IEEEE Journal on Selected Areas in Communications. Vol.18, No.3 (2000). P. 535-547.
[2] Tinnirello I., Bianchi G., Xiao J. Refinements of IEEE 802.11 distributed coordination function modeling approaches. IEEE Transactions on Vehicular Technology. Vol.59, No.3 (2010). P. 1055-1067.
[3] Khandetskyi V.S., Sivtsov D.P. Performance analysis of IEEE 802.11 networks. System Technologies. No.1(120) (2019). P. 156-163.

THE FUNCTIONING OF COMPUTER NETWORKS IEEE 802.11 WITH HIGH TRAFFIC IN INDUSTRIAL ENVIRONMENTS

V. Khandetskyi, D. Sivtsov, K. Panin
Oles Honchar Dnipro National University
v.khandetsky@gmail.com, sdp31415@gmail.com

The results of the study of the developed mathematical model, which allowed simultaneously taking into account the influence of traffic intensity and the level of external interference on the Wi-Fi network throughput, are presented. It was found that at the BER=10^{-4} level, when the frame data field length decreases from 12000 to 2000 bit, the probability of frame distortion decreases from 0,7 to 0,18, and the maximum throughput value decreases from 13,73 to 5,09 Mbps at the physical rate of 54 Mbps.

WEB- ДОДАТОК ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РОЗМІРІВ І ПЛОЩІ ОБ'ЄКТІВ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

О. Івон, В. Істушкін, Р. Шершньов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
aii_vel93@i.ua

В науці і техніці виникає задача вимірювання з високою точністю геометричних параметрів (розмірів, площі) планарних об'єктів невеликих розмірів. До таких об'єктів, зокрема, відносяться елементи топології інтегральних схем, електроди малих розмірів, тощо. Вимірювання таких об'єктів не можливо здійснити за допомогою мікрометрів. Значні можливості для розв'язання цієї задачі надають растрові (цифрові) зображення, отримані за допомого цифрової фотокамери з високим розділенням [1].

Дана робота присвячена розробці прикладного web- додатку, призначеного для вимірювання з високою точністю розмірів і площі планарних об'єктів за даними сканування їх координат на цифровому зображенні.

Додаток створено засобами мов HTML, CSS, JavaScript і технології Canvas. Він реалізує алгоритм обробки цифрових зображень, що складається з наступних етапів: 1). Завантаження зображення до вікна браузера і вбудовування його в полотно для забезпечення можливості використання засобів технології Canvas. 2). Масштабування зображення. 3). Сканування координат об'єкту, виконане відповідно параметру, що вимірюється. 4). Розрахунок значення параметру, абсолютної і відносної похибки його вимірювання. 5). Виведення результатів в приховані поля форм web-сторінки.

Технологія Canvas використана в додатку для візуалізації точок (пікселів) цифрового зображення, в яких користувач виконав сканування координат. Для цього за допомогою тегу <canvas></canvas> створено полотно розмірами 5000×4800 пікселів. Великі розміри полотна дозволяють програмі (для підвищення точності вимірювання) збільшувати розміри зображення без виходу об'єкту, що вимірюється за межі полотна.

Перший етап обробки цифрового зображення забезпечує поле форми типу «file», створене на веб-сторінці додатку і скрипти з властивостями і методами об'єкту FileReader для завантаження зображення до вікна браузера і вбудовування його в полотно методом drowImage() об'єкту Canvas. На етапі масштабування працюють скрипти, що дозволяють користувачу обрати одиницю виміру мм або μм, виконати сканування масштабного відрізку і розрахувати масштаб на підставі даних сканування та довжини масштабного відрізку, яку користувач уводить до відповідного поля форми. Оскільки масштаб задається в одиницях мм/піксель або μм/піксель, його значення фактично визначає абсолютну похибку вимірювання довжини, оскільки сканування координат відбувається з похибкою ±1 піксель.

На третьому етапі алгоритму, після обрання користувачем геометричного параметра, який буде вимірюватися, працюють скрипти для сканування координат об'єкту і розрахунку на підставі результатів сканування та масштабу геометричного параметру, що вимірюється. Результати вимірювання виводяться у приховані поля форм. Сканування координат забезпечується шляхом клацання користувачем лівою клавішею миші в обраній точці зображення. Зчитування координат пікселя відбувається за подією mouseup з використанням властивостей pageX і pageY об'єкту event мови JavaScript. Точки, в яких виконано сканування координат, відмічаються засобами Canvas білим кружком радіусом 5 пікселів і з'єднуються між собою прямими лініями товщиною 2 пікселя.

На рис. 1, показано вигляд веб-сторінкою додатку на заключному етапі вимірюванні площі срібного електроду малого розміру на поверхні оксидно-цинкового варистора. При вимірюванні площі сканування відбувається вздовж контуру об’єкту. Площа розраховується за формулою Гауса на підставі значень сканованих координат.

Рис. 1. Скріншот з web- сторінкою додатку для вимірювання геометричних параметрів планарних об’єктів растрових зображень на заключному етапі вимірювання площі

Інструментарій програми (рис. 1) складається з чотирьох блоків. Блок індикації поточних координат курсору розташовано у лівому верхньому куті вікна браузера. Блок з полем форми типу «файл» і кнопкою «Завантажити» використовується для завантаження зображень. Блок обробки містить кнопки для масштабування, обрання геометричного параметру, корекції результатів сканування і очистки полотна. В нижній його частині є пусте поле для виводу прихованих блоків різних етапів обробки. Четвертий блок призначено для управління розмірами зображення. Похибка вимірювання зменшується при збільшенні розмірів. У випадку на рис. 1, завдяки збільшеному розміру зображення, абсолютна похибка вимірювання довжини складає 9,7 μк/піксель, а відносна похибка вимірювання площі електроду ± 1,7 %.

[1] Ivon A.I., Istushkin V.F., Lischenko A.A. Measurement of geometric parameters of plane figures in raster image / Системні технології. 2016, вип. 1 (102), с. 24-28

WEB-APPLICATION FOR MEASURING THE SIZE AND AREA OF DIGITAL IMAGES OBJECTS

A. Ivon, V. Istushkin, R. Shershnov
Oles Honchar Dnipro National University
aii_vel93@i.ua

An applied web-application for measuring with high accuracy the size and area of digital images objects is presented.

ТЕСТУВАННЯ ПІКСЕЛІВ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

О. Івон, В. Істушкін, Ю. Крикуненко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
aii_vel93@i.ua

Растрові (цифрові) зображення є засобом оцифровування візуальної інформації. Вони, зокрема, дозволяють на підставі осцилограм, отриманих за допомогою аналогових осцилографів, виміряти параметри електричних сигналів з точністю, що не поступається цифровим осцилографам [1]. Вимірювання параметрів об'єктів цифрових зображень здійснюється на підставі даних сканування їх координат. Таке сканування відбувається з урахуванням кольору пікселів цифрового зображення, який задається RGB-кодом. Значні можливості для тестування кольору пікселів надають засоби технології Canvas, яка використовується для реалізації векторної графіки на web-сторінках HTML документів.

Дана робота присвячена розробці прикладного web- додатку, призначеного для тестування кольору пікселів цифрових зображень.

Додаток створено засобами мов HTML, CSS, JavaScript і технології Canvas. Він реалізує алгоритм обробки цифрових зображень, який складається з наступних етапів: 1). Завантаження растрового зображення до вікна браузера; 2). Вбудовування зображення в полотно для реалізації засобами технології Canvas векторної графіки. 3). Рисування на полотні у вертикальному напрямку відрізку прямої лінії товщиною 1 піксель, вздовж якої буде виконано тестування кольору пікселів; 4). Сканування кодів базових кольорів (червоного, зеленого і синього), що створюють колір кожного пікселя, лежачого на відрізку прямої лінії. 5). Розрахунок яскравості пікселів і побудова кривої розподілу яскравості вздовж виділеного відрізку прямої лінії.

Для доступу до файлової системи комп'ютера і обрання потрібного графічного файлу цифрового зображення в додатку використане поле форми типу «файл», створене тегом <input type="file"/>, який містить обробник подій onchange. Він запускає скрипт, що за допомогою відповідних властивостей і методів об'єкту FileReader завантажує зображення до вікна браузера. За допомогою тегу <canvas></canvas> створено полотно розмірами 2300×1750 пікселів, яке повністю покриває вікно браузера. Для вбудовування обраного цифрового зображення в полотно відповідній скрипт додатку використовує метод об'єкту Canvas мови JavaScript drawImage(). Етап 3) алгоритму обробки цифрового зображення реалізують скрипти, що запускаються за подіями mousedown і moseup. На цьому етапі використовуються засоби Canvas для рисування прямих ліній і властивості pageX і pageY об'єкту event для зчитування координат пікселів. Координати пікселів зберігаються у масивах координат програми. На етапі 4) запускається скрипт додатку, який в циклі за координатою *y* з кроком 1 піксель реалізує зчитування кодів компонентів кольору пікселів вздовж виділеного вертикального відрізку прямої лінії. Для цієї мети використовуються такі засоби Canvas, як метод getImageData() і методи data[0], data[1], data[2], що повертають, відповідно, коди червоного, зеленого і синього кольору, задані у вигляді десяткових чисел. На підставі суми значень цих кодів на етапі 5) алгоритму обробки розраховується яскравість кожного пікселя, що тестується. Значення яскравості пікселів зберігаються програмою в масиві яскравості. На підставі даних з масивів координат і яскравості пікселів на полотні рисується крива розподілу яскравості вздовж відрізку вертикальної прямої лінії, заданого користувачем.

На рис. 1, показано скріншот екрану з веб-сторінкою додатку на заключному етапі його виконання.

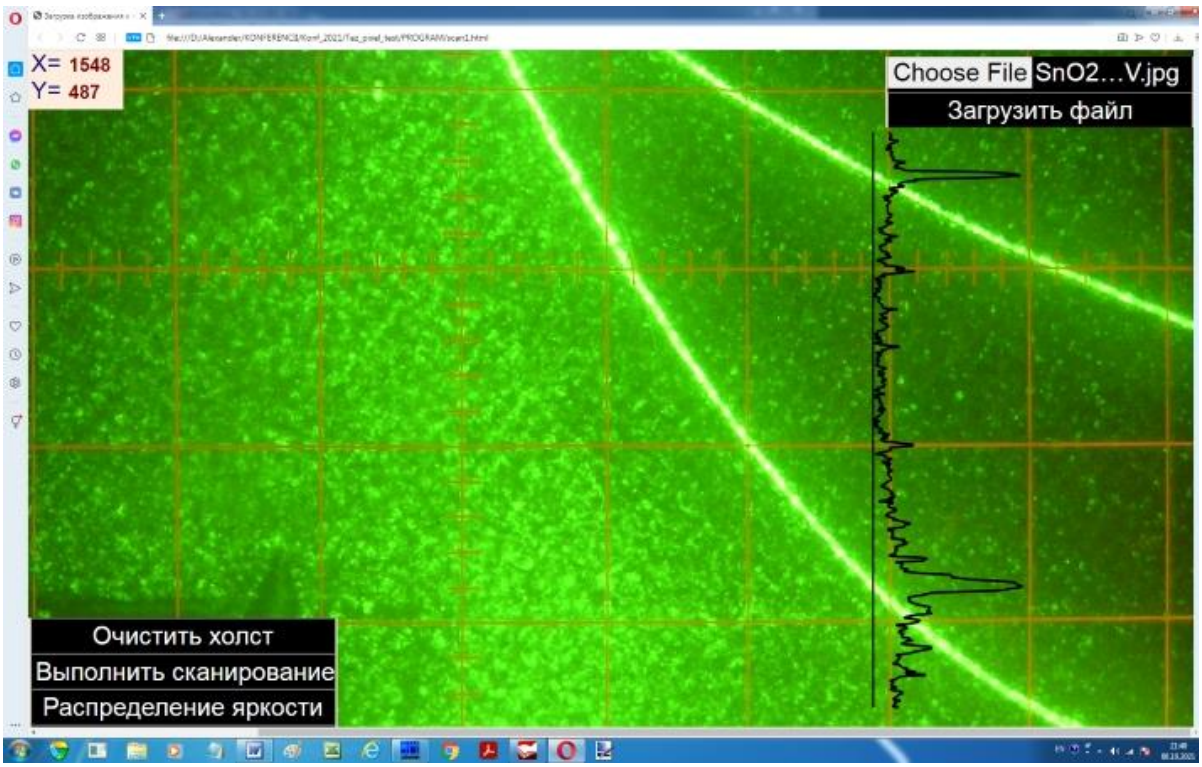


Рис. 1. Скріншот з web- сторінкою додатку на заключному етапі виконання

Інтерфейс програми для організації взаємодії з користувачем і реалізації алгоритму обробки зображень має інструментарій, що складається з полів форм і кнопок. Приховані поля форм з написами «X= », «Y= » призначені для індикації поточних координат курсору. Блок у правому верхньому куті вікна браузера з кнопками «Chose File» і «Загрузить файл» призначено для обрання графічного файлу зображення, завантаження зображення до вікна браузера і вбудовування його в полотно. Блок в нижньому лівому куті призначено для запуску скриптів програми для автоматичного зчитування кольору пікселів і побудови розподілу яскравості. Цей блок має кнопку «Очистить холст» для видалення попередніх результатів тестування.

Після завантаження зображення користувач обирає область де буде виконано тестування, натискає ліву клавішу миші і, не відпускаючи її, рухає курсор вниз для визначення лінії тестування. Після відпускання клавіші він послідовно натискає кнопки «Выполните сканирование» і «Распределение яркости». Програма будує розподіл яскравості пікселів вздовж обраної користувачем лінії (рис. 1).

[1] Ivon A.I., Istushkin V.F. Digitization of oscillograms by raster images for rising of accuracy at signal parameters determination / Системні технології. – 2017. – Вип. 1(108). – С. 37-40.

DIGITAL IMAGE PIXEL TESTING

A. Ivon, V. Istushkin, Yu. Krikunenko
Oles Honchar Dnipro National University
aii_vel93@i.ua

An applied web-application for testing the color of digital images pixels along a given section of the straight line with a thickness of 1 pixel is presented.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ КЛІМАТУ РОЗУМНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО КОНТРОЛЕРА

І. Оленич
Львівський національний університет імені Івана Франка
iolenych@gmail.com

Розвиток інформаційних технологій (ІТ) та індустрії автоматизації житла завдяки створенню багатьох розумних пристроїв, таких як Інтернет речей (IoT), революційно змінив наше середовище проживання. Підвищення якості життя мешканців розумних будинків забезпечується інтеграцією різноманітних побутових приладів в інтелектуальну систему, яка забезпечує безпеку, комфорт та економію ресурсів. Завдяки інтеграції передових ІТ у домашні умови, у проектах Smart-home усі системи та електронні прилади узгоджують виконання функцій між собою без участі людини. Інтелектуальна система розумного будинку забезпечує не тільки безперервний моніторинг багатьох параметрів середовища проживання, але й централізоване керування електронними пристроями [1]. У міру ускладнення підсистем і збільшення кількості виконуваних ними функцій, керування ними стає все складнішим. Тому розробка систем та алгоритмів, розрахованих на певні потреби мешканців чи реагування на ситуації, пов'язані із зміною середовища або безпекою, є одним із актуальних напрямків досліджень у галузі Smart solution & IoT.

У роботі розроблено автоматичну систему контролю клімату розумного будинку, яка виконує одну з ключових функцій – забезпечує комфорт його мешканців. Особливістю системи клімат-контролю є необхідність врахування наближеної та суб’єктивної інформації для керування побутовими пристроями. Зазвичай така інформація виражається у вигляді лінгвістичних висловлювань та правил, що вимагає застосування специфічних підходів для її аналізу, до яких можна віднести методи нечіткого моделювання [2]. Зокрема, використання лінгвістичних змінних для опису складних і слабко-структурованих процесів, а також можливість формального опису нечітких правил, роблять нечіткі алгоритми керування технічними системами відносно простими в їх розробленні та реалізації.

Запропонована система клімат-контролю базується на нечіткому контролері з двома входами і трьома виходами. Вхідні лінгвістичні змінні “*температура*” та “*вологість повітря*” містять терми {“*низька*”, “*комфортна*”, “*висока*”} і задані, відповідно, на шкалах температур і відносної вологості повітря. Терми вихідних лінгвістичних змінних відповідають керуючим сигналам, що забезпечують роботу обігрівача, кондиціонера та зволожувача повітря. Зокрема, потужність нагрівача може бути високою (P_H high), середньою (P_H middle) або нагрівач може бути вимкнений (P_H off). Режими кондиціювання (C) і зволоження (H) можуть бути увімкнутими (on) або вимкненими (off). Функції приналежності нечітких множин, що характеризують терми вхідних і вихідних лінгвістичних змінних, задані кусково-лінійними функціями, параметри яких можна налаштувати відповідно до вподобань мешканців.

Архітектура контролера нечіткої логіки, що використовується в системі клімат-контролю, складається з давачів вхідного сигналу (сенсори температури і вологості), блоку фазифікації, бази правил нечітких продукцій у вигляді ЯКЩО (умова 1) І (умова 2) – ТО (дія) і блоку дефазифікації, який формує вихідні сигнали для керування кліматичними побутовими приладами. Механізм отримання нечіткого логічного

висновку за допомогою алгоритму Мамдані ґрунтується на інформації різного походження, зокрема експериментальних даних, висновках експертів та уподобаннях мешканців, яка подається у вигляді нечітких продукційних правил. Табл. 1 відображає базу нечітких правил запропонованої системи клімат-контролю.

Табл. 1. База правил нечітких продукцій системи контролю клімату розумного будинку

Температура	Вологість повітря		
	Низька	Комфортна	Висока
Низька	P_H high C off H on	P_H high C off H off	P_H high C on H off
Комфортна	P_H off C off H on	P_H off C off H off	P_H middle C on H off
Висока	P_H off C on H on	P_H off C on H off	P_H off C on H off

Завдяки процедурі фазифікації для отриманих сенсорами значень вхідних змінних було визначено ступінь істинності тверджень кожного з термів лінгвістичних змінних, які формують умови правил нечітких продукцій. Істинність висновків кожного з продукційних правил була визначена за допомогою процедури *min*-активізації висновків. У результаті процедур акумулювання висновків та дефазифікації вихідних змінних були отримані значення сигналів, які керують кліматичними пристроями.

Система контролю клімату реалізована на основі мікрокомп’ютера Raspberry Pi з використанням модуля RPi.GPIO і бібліотек мови програмування Python, необхідних для нечіткого моделювання та роботи з сенсором DHT11, що використовувався для визначення температури та відносної вологості повітря.

[1] Robles R.J., Kim T.-H. Applications, systems and methods in smart home technology: A review. International Journal of Advanced Science and Technology. Vol. 15. (2010). P. 37–47.
[2] Sobhy S.M., Khedr W.M. Developing of fuzzy logic controller for air condition system. International Journal of Computer Applications. Vol. 126. (2015). P. 1–8.

SMART HOME CLIMATE CONTROL SYSTEM BASED ON FUZZY CONTROLLER

I. Olenych
Ivan Franko National University of Lviv
iolenych@gmail.com

The system of smart home climate control based on fuzzy logic and the Raspberry Pi microcomputer that ensures the operation of the heater, conditioner and humidifier of air has been developed. As a result of presenting input data using linguistic variables and fuzzy production rules for current values of temperature and relative humidity, output signals to control the functional devices of the smart home are obtained. The application of fuzzy logic in the smart home climate control system makes it possible to take into account the individual characteristics and preferences of residents.

СТВОРЕННЯ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ ДОДАТКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕСТОВОЇ МЕРЕЖІ БЛОКЧЕЙНУ ETHEREUM

А. Шаповал, І. Пономарьов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
shapoval_a@ffeks.dnu.edu.ua

На сьогоднішній день, можна спостерігати стрімке впровадження програмних рішень, що засновані на технології блокчейн у різні сфери людської діяльності. Все більше нових програмних продуктів, засновується на даній технології. За допомогою цього механізму, можна створювати повноцінні додатки, месенджери, системи голосування, системи зберігання даних, торгові платформи, децентралізовані служби DNS, рішення в сфері медицини, економіки, екології. Це пояснюється тим, що технологія блокчейн, може задовільнити велику кількість найбільш гострих проблем бізнесу.

Блокчейн являє собою ланцюжок зв’язаних блоків. Блок складається із заголовку та тіла. До заголовку входить деяка метаінформація про блок, така як дата створення, версія блоку, хеш попереднього блоку, хеш усіх транзакцій, які увійшли до поточного блоку. Також є елемент nonce, який застосовується для консенсусу, майнер знаходить його та надсилає іншим, для підтвердження.

Тіло блоку складається з певної кількості транзакцій. Коли за деякий період, від часу створення попереднього блоку, в мережі була проведена певна кількість транзакцій, майнери складають їх у дерево Меркла. Значення його кореня входить до заголовку блоку. На рис. 1 зображена загальна структура блоку у блокчейні.

Рис. 1. Структура блоку у блокчейні

Для підтвердження кожного блоку, та додавання його до блокчейну використовуються алгоритми консенсусу. Консенсус – спільна згода всіх учасників, щодо певного питання. У технології блокчейн використовується для узгодження стану блоків між вузлами, у яких немає підстав довіряти один одному. Консенсус досягається не голосуванням, а відсутністю протиріч між учасниками. В залежності від блокчейну, використовуються різні механізми консенсусу, а саме дії, які повинні виконати майнери.

Для створення децентралізованих додатків підходить технологія блокчейн, в якої нема єдиного головного вузла та управління розподілено між багатьма вузлами мережі.

Серед існуючих на сьогодні блокчейнів, виділяється Ethereum, через ряд присутніх переваг:

- широко застосовна технологія, має велику спільноту;
- надійність перевірена роками;
- добре задокуметована;
- підтримка повної за Тьюрингом мови програмування Solidity, яка є контрактно-орієнтованою. Тобто контракти в неї виконують ту ж роль, що і концепція класів в об'єктно-орієнтованих мовах [1];
- швидко виправляються знайдені вразливості;
- постійно розвивається (перехід від старого механізму консенсусу доказу роботи, на новий доказу володіння частки);
- має тестову мережу, отже можна безкоштовно, спробувати розробку на цій платформі;
- має власну криптовалюту.

В Ethereum є три типи мереж. Це головна мережа (Mainnet), тестові мережі (Testnet), та приватні мережі.

В дослідженнях проведених раніше був розроблений децентралізований додаток для проведення голосування. Працездатність додатку було перевірено у приватній мережі Ethereum [2].

Але для подальшого тестування децентралізованої системи смарт-контракт бизнес-логіки треба розгорнути у тестовій мережі Rinkeby. Використання даної мережі має ряд переваг. По-перше не потрібно самостійно створювати власну мережу і залучати до неї нові вузли, а по-друге, так як ця мережа є тестовою, то проведення транзакцій є безкоштовним, і стати учасником цієї мережі може будь-хто. Щоправда для проведення транзакцій все ж потрібна внутрішня валюта, але її можна отримати безкоштовно.

Для звернення до блокчейну Ethereum використовується криптовалютний онлайн гаманець MetaMask. Це дозволяє користувачам отримати доступ до свого гаманця Ethereum через розширення браузера або мобільний додаток, який потім можна використовувати для взаємодії з децентралізованими програмами.

[1] Башир И. Блокчейн: архитектура, криптовалюты, инструменты разработки, смарт-контракты / пер. с анг. М. А. Райтмана. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 538 с.
[2] I.V. Ponomarev Features of creating a voting system using the Ethereum blockchain platform - Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 1(132). – Дніпро, 2021, - с. 124-129.

DEVELOPMENT OF DECENTRALIZED ADDITIVES USING BLOCKCHAINTECHNOLOGY

A. Shapoval, I. Ponomarev
Oles Honchar Dnipro National University
shapoval_a@ffeks.dnu.edu.ua

Building a decentralized application using a ready-made blockchain is the most efficient way to develop. The development of a decentralized system on the Ethereum blockchain platform, the use of its test network to test the operation of a decentralized application with a different number of nodes is considered.

РОЗРОБКА КЛІЕНТ-СЕРВЕРНОГО ДОДАТКУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗВІТІВ НА БАЗІ .NET FRAMEWORK

О. Воловий, І. Пономарьов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
volovyi_oi@ffeks.dnu.edu.ua

На теперешній час не виникає питань щодо актуальності теми автоматизації бізнес процесів, адже автоматизація може допомогти перенести рутинні завдання та їх облік у сервіси і додатки, аби зробити усі процеси більш прозорими та контрольованими. Якщо на підприємстві великий обсяг інформації, обробляти яку вручну стало неможливо (не вистачає часу, велика кількість помилок, дорого коштує персонал), то автоматизація — це вихід.

Мета даної роботи полягає в створені інформаційної системи для автоматизації створення та друку різноманітних актів виконаних робіт.

Оскільки бухгалтер повинен створити за обмежений час велику кількість актів виконаних робіт, які відповідають єдиному шаблону, але мають різне наповнення система буде зберігати та пропонувати користувачу обрати необхідний шаблон. Також для кожного виконавця зберігається список договорів, які він заключив з підприємством, та види робіт, що він може виконати. Завдяки цьому система спроможна пропонувати користувачу інформацію, яку він може додати до звіту. Також для зручності використання, система повинна зберігати усі сформовані акти та надавати можливість користувачу змінити дані та передрукувати звіт.

Проаналізувавши сучасні архітектурні шаблони програмного забезпечення було обрано архітектуру MVVM та розподілення системи на клієнт-сервер.

MVVM - це програмний архітектурний шаблон, який полегшує відокремлення розробки графічного інтерфейсу користувача від розробки бізнес-логіки. Модель перегляду MVVM є перетворювачем значень. Ця модель перегляду відповідає за перетворення об’єктів даних із моделі даних таким чином, щоб об’єктами було легко керувати та подавати їх.

На серверній частині системи зберігається вся інформація, необхідна для формування актів, що нівелює необхідність користувачу звертатися до зовнішніх даних під час формування актів. Також, виділений сервер забезпечить достатній рівень інформаційної безпеки, конфіденційності та цілісності даних. Для зберігання даних вибрана база даних Microsoft SQL Server, а для взаємодії інформаційної системи та бази даних вирішено використовувати технологію Entity Framework 6 [1] та шаблон Repository [2].

Клієнтська частина – в свою чергу окрім візуального інтерфейсу відповідає за заповнення та створення актів. Відштовхуючись від того що на разі звіти формуються в MS Excel для створення звітів було вирішенно використати технологію VSTO (Visual Studio Tools for Office) та створити надбудову над Microsoft Excel [3].

VSTO - це набір засобів розробки, доступних у вигляді надбудови Visual Studio та середовища виконання, що дозволяє Microsoft Office 2003 та пізніших версій програм Office використовувати .NET Framework Common Language Runtime (CLR), щоб відкрити їх функціональність за допомогою .NET. Це дозволяє писати розширення до програм Office мовами, сумісними з CLI, а також використовувати функціональні можливості та конструкції інтерфейсу користувача з програм Office у програмах .NET [4]. Оскільки надбудови Office не можна створити за допомогою .NET Core та .NET 5+, останніх версій .NET (це тому, що .NET Core/.NET 5+ не може працювати разом з .NET Framework в одному процесі і може призвести до збоїв у завантаженні надбудови) та для

уніфікації розробки було вирішено використовувати .NET Framework як для клієнта, так і для сервера.

В результаті проведеної роботи була розроблена інформаційна система для формування актів виконаних робіт. Архітектуру розробленої системи наведено на рис.1.

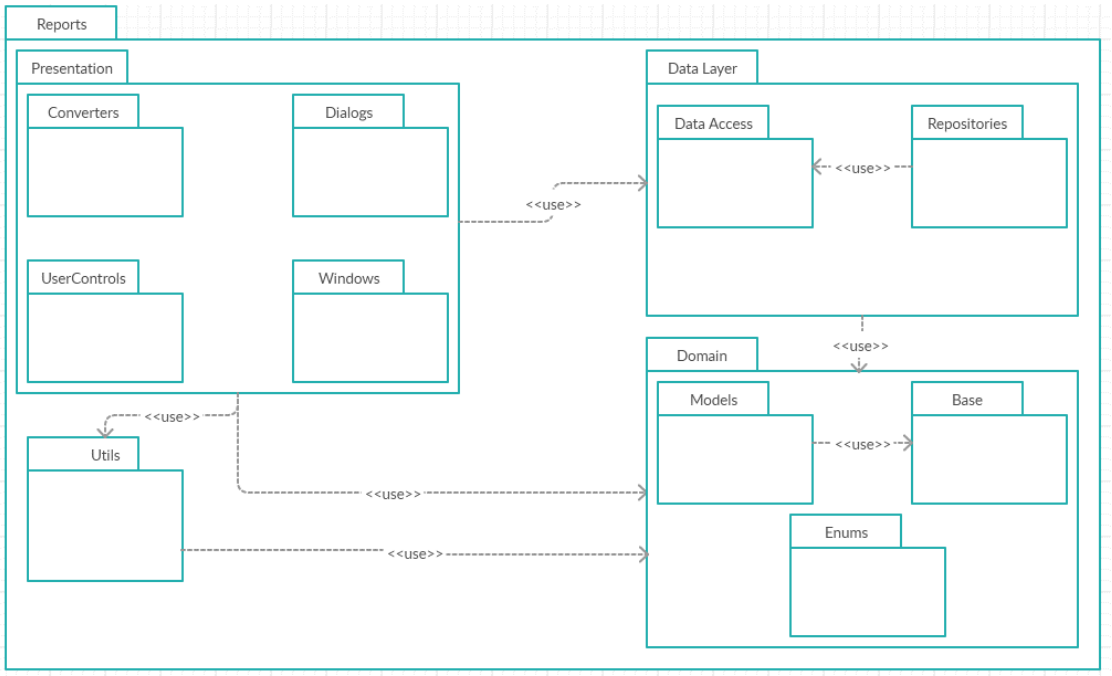


Рис. 1. Архітектура інформаційної системи

[1] Entity Framework overview [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/data/adonet/ef/overview
[2] Repository [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.martinfowler.com/eaaCatalog/repository.html
[3] Office solutions development overview (VSTO) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.microsoft.com/en-gb/visualstudio/vsto/office-solutions-development-overview-vsto?view=vs-2019
[4] Office and SharePoint Development in Visual Studio [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://msdn.microsoft.com/en-us/library/d2tx7z6d.aspx

DEVELOPMENT OF A CLIENT- SERVER APPLICATION FOR CREATING REPORTS ON .NET FRAMEWORK

O. Volovoy, I. Ponomarev
Oles Honchar Dnipro National University
volovyi_oi@ffeks.dnu.edu.ua

The main task of the developed system is to simplify and automate the formation of acts. System must keep a list of contracts each contractor has concluded with the company and the types of work he can perform. Due to this, the system should offer the user information that he can add to the report. Also, for ease of use, the system must save all generated acts and allow the user to change the data and reprint the report. System is based on client-server architecture and uses .Net Framework due to constraints with using VSTO.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ З КОЛЕКЦІЯМИ У МОВІ VBA

М. Скок, Н. Карпенко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
skok@ffeks.dnu.edu.ua

Створення документації для підтримки навчального процесу (навчальні та робочі плани, індивідуальні навчальні плани студента, розрахунок загального навантаження кафедри, розподіл навантаження на НПП тощо), займає дуже багато часу, особливо у тому випадку, коли цей процес не автоматизований. Окрім цього, слід зауважити на те, що людський фактор ніхто не відміняв, отже ручні розрахунки та заповнення великих за обсягом таблиць, зазвичай призводять до помилок. Виходом з цієї ситуації є розробка інформаційної системи (ІС), яка максимально дозволить автоматизувати цей процес.

Існують різноманітні методології розробки програмного забезпечення. В умовах неповноти та мінливості вимог до системи, найчастіше використовують ітераційні методи розробки, але коли система складна і зв'язки між об'єктами предметної області не до кінця виявлені, то застосовують прототипування. Створення прообразу у даному випадку дозволяє зрозуміти, яким чином продукт буде працювати. Причому нарощування функціоналу прототипу відбувається поступово. У будь-який момент часу замовник має можливість випробувати програмне забезпечення, яке є прототипом ІС, та своєчасно відкоригувати та доповнити вимоги щодо його функціональності. Внесення змін до ТЗ на початкових етапах розробки значно скорочує час та витрати на створення ІС.

З огляду на вищесказане, було прийнято рішення спочатку створити та апробувати прототип ІС для автоматизації навчального процесу, яка повинна активно взаємодіяти з компонентами Microsoft Office. Технологією створення прототипу була обрана СУБД Microsoft Access. СУБД дозволяє працювати з базою в умовах неповноти даних, швидко розробляти інтерфейси для взаємодії з БД, а мова VBA будучи простою, але доволі потужною, дозволяє писати підпрограми для розширення можливостей Office.

Робота з БД – це накопичення інформації з ряду пов'язаних таблиць і їх подальше виведення в зручному для користувача форматі. Для подібного накопичення чудово підходять колекції, адже вони дають можливість накопичити групу об'єктів та працювати з нею: додавати, переглядати, редагувати та видаляти об'єкти.

Для роботи з колекціями VBA може запропонувати Collection (колекція) – нативний клас VBA та Dictionary (словник), який є частиною Microsoft Scripting Runtime library. За своєю функціональністю колекції близькі до словників, проте можливості Dictionary значно ширші [1]. Порівняємо роботу з колекціями та словниками:

- елементи можна додавати, видаляти, отримати дані, що зберігає елемент, та повертати кількість елементів;
- в колекції елемент може бути пов'язаний з ключем, тип якого виключно рядок (повинен бути унікальним для кожного запису), в словникові – наявність ключа обов'язкова і він може приймати будь-який тип;
- колекції можуть повертати елементи за їх ключем або індексом, словники повертають елементи виключно за ключем;
- для словника можна перевірити наявність ключа методом Exists;
- основні типи даних в колекціях доступні лише для читання, значення елементу не можна змінити [2], словники – доступні для читання/запису;
- видалити всі записи з колекції за один раз можна лише знищивши саму колекцію, для словників існує метод RemoveAll.

Під час створення прототипу ІС для автоматизації навчального процесу було використано як колекції, так і словники для вирішення різних задач. Наприклад, коли була необхідність доповнювати значення елементів із різних запитів до БД, були задіяні словники. При необхідності просто записати остаточно сформований об'єкт, було достатньо функціональності колекцій.

Можливість сортування колекцій є важливим аспектом роботи з ними, адже певні дані потребують упорядкування за якимось критерієм, причому критерії в різні моменти часу можуть бути різними. Нажаль VBA не має вбудованих засобів сортування та групування об'єктів колекцій [2], тому виникла необхідність шукати альтернативні рішення. Вивчення документації Microsoft показало, що функція сортування існує для діапазону комірок Excel файлів [3]. Вхідними даними цієї функції є діапазон комірок, ознака, за якою відбувається сортування та порядок сортування. З огляду на те, що цей метод працює з даними з діапазону комірок, він не підійшов для вирішення задачі, тому було прийняте рішення написати власну функцію, яка буде сортувати колекцію. За основу алгоритму вирішено взяти вже існуючий алгоритм сортування масивів.

Сьогодні існує доволі багато алгоритмів сортування, кожен з яких має свої переваги та недоліки, тому вибір залежить цілком і повністю від розробника. Важливими критеріями вибору є час за який виконається сортування, об'єм пам'яті необхідної для реалізації та стійкість алгоритму. Для роботи з великими обсягами даних добре зарекомендував себе алгоритм «Швидкого сортування», адже він переважає за швидкістю - $O(n^2)$ в найгіршому випадку та $O(n \log n)$ – середній час виконання, і потребує мало додаткового об'єму пам'яті. До того ж легко уникнути ситуації найгіршого часу виконання за рахунок вибору pivot навмання. Метод прийматиме 3 параметри: колекція, яку необхідно відсортувати, індекс першого та останнього елементу, як верхнього ти нижнього кордонів ділянки сортування. Таким чином після роботи функція поверне відсортовану за вказаним параметром колекцію.

Використання СУБД Microsoft Access та мови програмування VBA для створення прототипу ІС повністю себе виправдало. Завдяки саме прототипу стала зрозумілою поведінка ІС та зв'язки між сутностями, усі зміни вимог досить легко були реалізовані. Наступним кроком буде переведення повністю працездатного прототипу ІС на сучасні технології.

[1] Using the Dictionary Class in VBA [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.experts-exchange.com/articles/3391/Using-the-Dictionary-Class-in-VBA.html
[2] The Ultimate Guide To Collections in Excel VBA [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://excelmacromastery.com/excel-vba-collections/#Sorting_a_Collection
[3] Microsoft Documentation Range.Sort method (Excel) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.microsoft.com/en-us/office/vba/api/excel.range.sort

FEATURE OF WORK WITH COLLECTION IN VBA

M. Skok, N. Karpenko
Oles Honchar Dnipro National University
skok@ffeks.dnu.edu.ua

Development prototype of information system on VBA in "Microsoft Access" connected with necessity saving response from DB in collection for working with these objects. Often order of collection is important for right data processing. Because of VBA hasn`t sort function, developer should create custom function for realization Sort algorithm.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГЛАДЖУВАННЯ ЗА АЛГОРИТМОМ БРАУНА

Д. Керекеша, М. Твердоступ
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
tven72@ukr.net

Використання спеціалізованих програм для обробки експериментальних даних дозволяє істотно підвищити точність і надійність результатів експерименту.

Метою роботи є розробка і створення програми-калькулятора для дослідження впливу згладжування на точність результату виміру.

При розробці програми був використаний адаптивний алгоритм експоненціального згладжування [1], суть якого зводиться до перетворення поточних значень деякої змінної X_i згідно з рекурентною формулою Брауна

$$\tilde{X}_i = \alpha X_i + (1-\alpha)\tilde{X}_{i-1}, \tag{1}$$

де $\tilde{X}_i$, $\tilde{X}_{i-1}$ – експоненціальні середні на моменти часу i і $i-1$ відповідно; α - параметр згладжування ($0 < \alpha \leq 1$). Дійсне значення вимірюваної змінної величини X_i визначали у вигляді середнього арифметичного $X_{\text{ср}}$ з похибкою ΔX.

Для оцінки динаміки поведінки $X_{\text{ср}}$ і ΔX в залежності від кількості N вимірів середнє значення визначали у вигляді кумулятивного ковзаючого

$$X_{\text{ср}}(N) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i \tag{2}$$

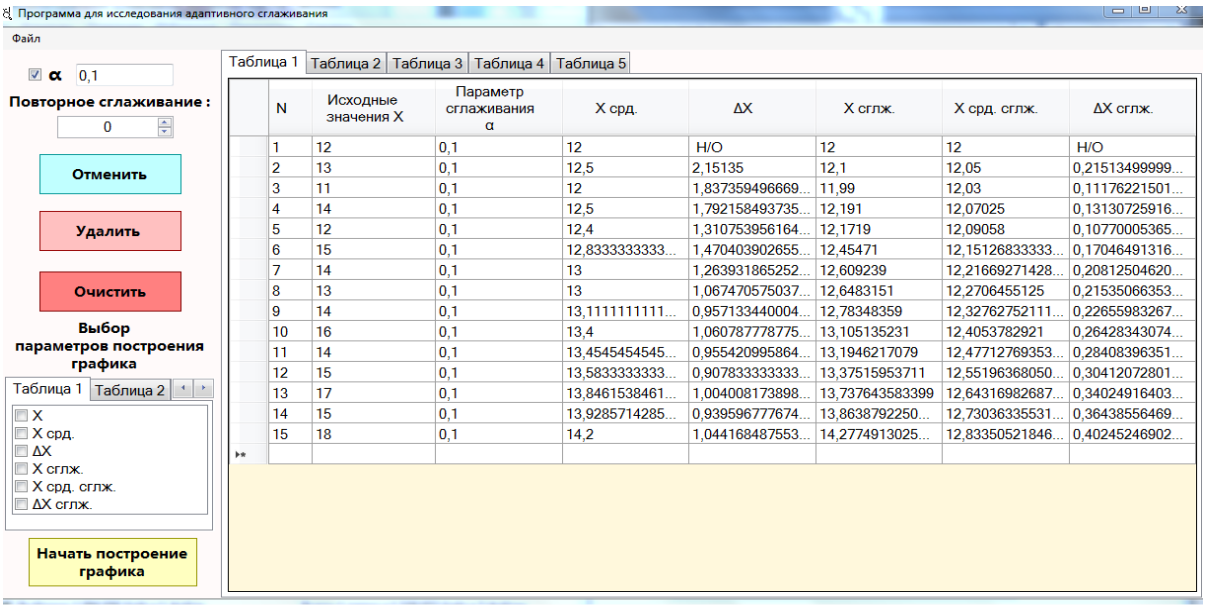
при $1 \leq N \leq 100$, а похибку середнього визначали як довірчий інтервал ΔX з обраною вірогідністю 0,95

$$\Delta X(N) = t_N \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(X_i - X_{\text{ср}})^2}}{\sqrt{N(N-1)}}, \tag{3}$$

де $\boldsymbol{t_N}$ – коефіцієнт Стьюдента. Величини $X_{\text{ср}}(N)$ і $\Delta X(N)$ обчислювали для початкового і згладженого числових рядів. В якості дійсного значення виміряної величини було прийнято значення $X_{\text{ср}}$ при максимальній величині N для досліджуваного числового ряду. Вирази (1), (2), (3) покладені в основу математичної моделі розробленої програми-калькулятора.

У створеній програмі використовується графічний інтерфейс з відображенням даних у вигляді кнопок, іконок, таблиць (рис. 1) і графіків (рис. 2). Для приклада на рис.1 представлено масив початкових даних об'ємом 15 чисел і результати розрахунку $X_{\text{ср}}(N)$ і $\Delta X(N)$ до і після згладжування при заданому параметрі $\alpha = 0{,}1$; на рис. 2 для масиву 100 чисел показані отримані графічні залежності $X_{\text{ср}}(N)$ при заданих значеннях параметра згладжування α від 0,01 до 0,25. У програмі передбачена паралельна обробка до п'яти окремих масивів чисел. Експериментально встановлено, що відносна похибка розрахунків програмою-калькулятором не перевищує $3{,}2 \cdot 10^{-6}$ %.

В цілому розроблена програма-калькулятор показала себе функціонально гнучким і досить зручним у користуванні інструментом для дослідження можливостей згладжування за алгоритмом Брауна.



N	Исходные значения X	Параметр сглаживания α	X срд.	ΔX	X сглж.	X срд. сглж.	ΔX сглж.
1	12	0,1	12	Н/О	12	12	Н/О
2	13	0,1	12,5	2,15135	12,1	12,05	0,21513499999...
3	11	0,1	12	1,837359496669...	11,99	12,03	0,11176221501...
4	14	0,1	12,5	1,792158493735...	12,191	12,07025	0,13130725916...
5	12	0,1	12,4	1,310753956164...	12,1719	12,09058	0,10770005365...
6	15	0,1	12,8333333333...	1,470403902655...	12,45471	12,15126833333...	0,17046491316...
7	14	0,1	13	1,263931865252...	12,609239	12,21669271428...	0,20812504620...
8	13	0,1	13	1,067470575037...	12,6483151	12,2706455125	0,21535066353...
9	14	0,1	13,1111111111...	0,957133440004...	12,78348359	12,32762752111...	0,22655983267...
10	16	0,1	13,4	1,060787778775...	13,105135231	12,4053782921	0,26428343074...
11	14	0,1	13,4545454545...	0,955420995864...	13,1946217079	12,47712769353...	0,28408396351...
12	15	0,1	13,5833333333...	0,907833333333...	13,37515953711	12,55196368050...	0,30412072801...
13	17	0,1	13,8461538461...	1,004008173898...	13,737643583399	12,64316982687...	0,34024916403...
14	15	0,1	13,9285714285...	0,939596777674...	13,8638792250...	12,73036335531...	0,36438556469...
15	18	0,1	14,2	1,044168487553...	14,2774913025...	12,83350521846...	0,40245246902...

Рис. 1

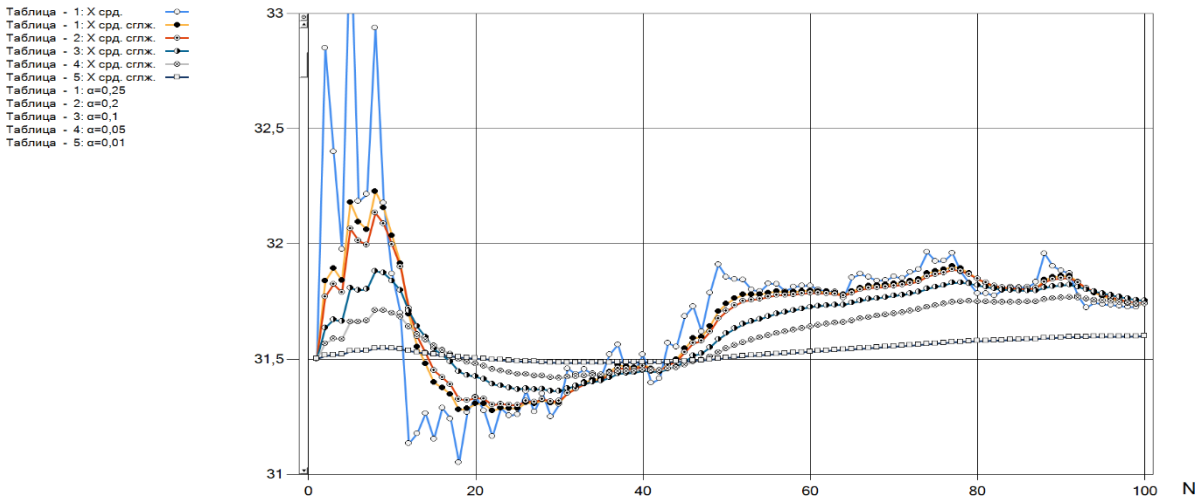


Рис. 2

[1] Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.

AUTOMATION OF SMOOTHING RESEARCH ACCORDING TO BROWN'S ALGORITHM

D. Kerekesha, N. Tverdostup
Oles Gonchar Dnipro National University
tven72@ukr.net

The specialized program is worked out with a graphic interface based on adaptive algorithm for smoothing out of the numerical rows got as a result of experiment. The program calculates a sliding mean value and his error taking into account the chosen parameter of smoothing out.

МОДУЛЬНІ АЛЬТЕРНАТИВИ СИСТЕМАМ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ТИПУ XDR

А. Мамишев, А. Родіонов
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
anma-ipt22@lll.kpi.ua

На сьогодні об’єм інформації, що обробляється комп'ютерними системами і знаходиться в інформаційних мережах, безперервно збільшується і вже досяг тієї межі, за яким розглядати кожен конкретний інцидент вручну стає практично неможливим.

Для вирішення даної проблеми були створені комп'ютерні системи захисту інформації. На даний момент, є досить велика різноманітність типів таких систем.

Системи розширеного виявлення і реагування (від англ. extended detection and response) або XDR – це клас систем інформаційної безпеки, призначених для автоматичного проактивного виявлення загроз на різних рівнях інфраструктури, реагування на них і протидії складним атакам.

XDR включає широкий набір інструментів, які інтегруються з наявними програмами і додатками для забезпечення безпеки і забезпечують моніторинг даних на рівні кінцевих точок, у мережі, хмари і серверів електронної пошти, а також функції аналітики і автоматизації для виявлення і усунення поточних і потенційних загроз.

Технологія XDR була вперше презентована у 2018 році в якості розвитку технології EDR (від англ. Endpoint Detection and Response, виявлення на ендпоінті на реагування) і була заявлена як комплексне вирішення усіх проблем інформаційної безпеки.

У якості опису XDR систем вперше позиціонувалося концепція від Gartner Inc, прикладами комерційних систем, що реалізують даний принцип, є Cortex XDR, Cynet XDR, Palo Alto XDR, Cisco XDR, McAfee XDR та Trend Micro [1].

Проте, постачальниками таких універсальних рішень є компанії, в сфері компетенції яких до цього знаходився лише якийсь конкретний аспект інформаційної безпеки або декілька таких аспектів.

Також, часто XDR рішення мають проблеми з інтеграцією зі сторонніми рішеннями, які могли б виправити їх недоліки або доповнити їх функціонал, якщо вони не розроблені тим самим постачальником.

Деякі інструменти кіберзахисту схожі з XDR, але через більш вузької спеціалізації в них, як правило, менше функцій. Проте, неможливо гарантувати, що конкретне рішення XDR буде мати кращу продуктивність по кожному або всіх напрямках, ніж окремі рішення інших типів [2].

Рішення типу SIEM (від англ. Security information and event management, управління інформаційною безпекою та подіями безпеки) нового покоління, так звані Next-gen SIEM системи, мають підвищену здатність до аналізу отриманої інформації, і, як і в XDR системах, в них активно застосовуються методи машинного навчання.

Оскільки SIEM системи не мають функціоналу для реагування на загрози, для цього вони можуть бути інтегровані з SOAR системами (від англ. Security Orchestration, Automation and Response, організація безпеки, автоматизація та реагування).

SOAR системи дозволяють автоматизувати аналіз інциденту, ідентифікацію та класифікацію загроз, реагування на інциденти, візуалізацію даних.

Недоліком SOAR систем є відсутність власних баз даних для їх аналізу та виявлення закономірностей, а також необхідність спиратися на сторонні системи для збирання інформації про події, що відбуваються, що повністю компенсується інтеграцією з Next-

gen SIEM системами. В такому випадку, вся інформація про кіберінциденти збирається та аналізується SIEM складником системи, в той час коли на SOAR складник надходить лише інформація про загрози, що потребують реакції системи [3].

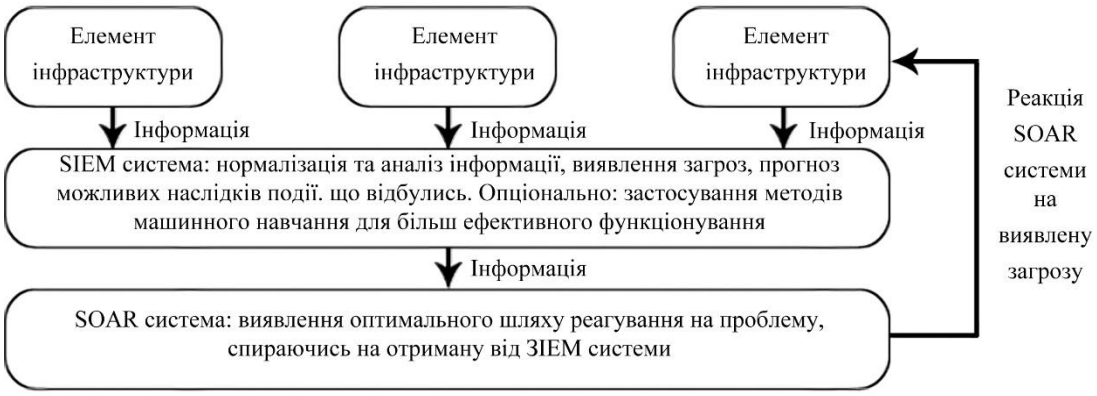


Рис. 1. Базова схема роботи SIEM та SOAR систем у поєднанні

Таким чином, поєднання Next-gen SIEM та SOAR систем дає в результаті функціонал, аналогічний XDR системі [1], проте, не обмежує користувача у виборі найбільш ефективного рішення для реагування та виявлення загроз, дозволяючи обрати SIEM та SOAR рішення окремо, виходячи з потреб кожної окремої системи захисту інформації або її складової частини.

[1] Understanding XDR Security: Concepts, Features, and Use Cases [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.cynet.com/xdr-security/understanding-xdr-security-concepts-features-and-use-cases/
[2] The differences between open XDR vs. native XDR [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://searchsecurity.techtarget.com/feature/The-differences-between-open-XDR-vs-native-XDR
[3] What is Next-Generation SIEM? [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.securonix.com/what-is-next-generation-siem/

MODULAR ALTERNATIVES TO XDR INFORMATION PROTECTION SYSTEMS

A. Mamyshev, A. Rodionov
Institute of Physics and Technology, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
anma-ipt22@lll.kpi.ua

The most promising information protection systems at the moment are XDR systems, designed to provide complete protection of the system from any threats. However, such systems may have poor compatibility with information collection systems and other information protection and processing systems supplied by other vendors.

Also, XDR-class systems include many different functions, while the vendors supplying these systems most often specialize in one or more areas, not covering everything that may lead to attempts to implement certain features without the necessary expertise. This, in turn, increases the likelihood of errors.

As an alternative to XDR, the combination of Next-gen SIEM and SOAR systems provides similar functionality, while allowing for a separate selection of each of the elements to ensure the greatest efficiency, which is the main advantage of such a solution.

ЕНЕРГО-ОРІЄНТОВАНА КОНТРОЛЕПРИДАТНІСТЬ АРИФМЕТИЧНИХ FPGA-КОМПОНЕНТІВ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

О. Наумов, А. Кострубенко, О. Дрозд, К. Защолкін
Державний університет «Одеська політехніка»
alex1999099@gmail.com

На сучасному етапі розвитку людство створило велику кількість надзвичайно корисних та складних технічних об'єктів, які забезпечують ресурси життєдіяльності. До таких об'єктів, зокрема, відносяться атомні електростанції, хімічні виробництва, інфраструктура видобутку корисних копалин, швидкісний повітряний та наземний транспорт тощо. Кожен з видів зазначених об'єктів має значну ефективність для відповідної галузі, але поряд з цим великий показник ризику. Велика ризикованість обумовлена тем, що аварії на таких об'єктах можуть загрожувати загибеллю людей та створенню великих збитків власності та екології. Для керування такими об'єктами зазвичай використовуються комп'ютерні системи критичного застосування [1].

Комп'ютерні системи критичного застосування характеризуються підвищеними показниками надійності то стійкістю до відмов та збоїв. Для забезпечення таких показників системи проектуються з урахуванням необхідності постійного контролю та оцінки коректності функціонування для вчасного виявлення несправностей та їх усунення перш ніж вони призведуть до збою та ймовірної аварії. Ступінь можливості та ефективності контролю стану, а також коректності роботи системи, зазвичай оцінюється через її контролепридатність.

Для комп'ютерних систем критичного застосування характерними є два режими їх роботи: нормальний та аварійний. В нормальному режимі система функціонує більшу частину часу. В аварійний режим система переходить тільки в момент настання аварійної ситуації. Важливою особливістю комп'ютерних систем критичного застосування є те, що їх контролепридатність зазвичай є низькою в нормальному режимі та значно підвищується в аварійному режимі [2]. Така особливість обумовлена низькою активністю і не повним діапазоном використання значень вхідних сигналів системи в нормальному режимі. І, навпаки, високою активністю вхідних сигналів системи при настанні аварійного режиму. Низька контролепридатність в нормальному режимі створює умови для виникнення прихованих несправностей, які проявляються тільки в аварійному режимі. В цих умовах для систем критичного застосування існує необхідність підвищення контролепридатності у нормальному режимі.

Найбільш часто розглядається контролепридатність в її логічній формі, в межах якої несправність проявляється за помилкою результатів обчислень. В умовах зниження контролепридатності в нормальному режимі її можливо збільшити за рахунок застосування інших форм контролепридатності. До таких форм можна віднести енерго-орієнтовану еконтролепридатність, яка базується на ідентифікації несправностей за відхиленням енергетичних параметрів системи [3]. Така контролепридатність дозволяє контролювати систему синхронізації цифрових компонентів, істотно доповнюючи логічну контролепридатність при низькій активності вхідних сигналів, коли динамічна складова енергоспоживання в основному визначається перемикання сигналів синхронізації. Це дозволяє виявляти відмови синхронізації щодо зниження струмів споживання.

В даній роботі розглядаються питання контролепридатності арифметичних компонентів комп'ютерних систем критичного застосування, побудованих на елементній базі FPGA (Field Programmable Gate Arrays). Для підвищення достовірності результатів системи контролю пропонується використовувати не один фактор контролепридатності, а два: логічну та енергетичну контролепридатність. Мета роботи полягає в експериментальному підтвердженні можливості виявлення несправностей в ланцюгах синхронізації арифметичних FPGA-компонентів комп'ютерних систем, ґрунтуючись на аналізі значень струмів споживання.

Для виконання дослідження було використано лабораторний стенд Intel Cyclone 10 LP FPGA Evaluation Kit, побудований на основі мікросхеми FPGA Intel Cyclone 10 LP 10CL025YU256I7G. Зазначений стенд дає можливість виконати вимір токів споживання системи, та за допомогою відповідного програмного забезпечення, отримати виміряні значення. Базова експериментальна схема складається з основного обчислювального блоку; блоку PLL, призначеного для отримання основної частоти синхронізації схеми; блоку формування операндів нормального режиму; блоку керування режимами роботи схеми та введення несправностей. В якості основного обчислювального блоку були використані стандартні бібліотечні компоненти САПР Intel Quartus: помножувач, поділювач та багатооперандний суматор для цілочислених операндів. Результати експериментів показали можливість ідентифікувати несправності, обумовлені відмовою ланцюгів синхронізації окремих розрядів обчислювачів. При цьому було показано, що отримані результати вимірів доповнюють логічну контролерпидатність, підвищуючи її в нормальному режимі роботи системи.

[1] Smith D., Simpson K. The Safety Critical Systems Handbook, 5th ed. UK, Oxford: Butterworth-Heinemann (2019).
[2] Drozd O., Zashcholkin K., Martynyuk O. et. al. Development of ICT Models in Area of Safety Education. Proc. of the 18th IEEE East-West Design & Test Symposium (Varna, Bulgaria, 2020). P. 115–119.
[3] Sarkany, Z., Rencz Marta. Design considerations to enhance thermal testability. Proceedings of the IEEE Electronics Packaging Technology Conference (Singapore, Singapore, 2012). P. 148-152.

ENERGY-ORIENTED CHECKABILITY OF THE ARITHMETIC FPGA COMPONENTS OF COMPUTER SYSTEMS

O. Naumov, A. Kostrubenko, O. Drozd, K. Zashcholkin
Odessa Polytechnic State University
alex1999099@gmail.com

In this paper the features of functioning of safety-related computer systems are considered. It is noted that in normal mode these systems have low checkability. It is proposed to complement the logical checkability by adding an additional form - energy-oriented checkability. Experimental research aimed at confirming the possibility of detecting faults in the synchronization circuits of the arithmetic components has been performed. It is shown that the obtained results make it possible to increase the checkability in the normal mode of operation of the system.

МІСЦЕ ТЕСТУВАННЯ В РОЗРОБЦІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Ю. Пєхов, В. Герасимов
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
piekhov_yp@ffeks.dnu.edu.ua

Основною тенденцією у розвитку сучасних інформаційних систем є всебічне застосування різних моделей життєвого циклу програмного забезпечення. Врахування динаміки специфічних вимог оточення, складність задач системної інтеграції диктують необхідність створення методів та засобів підтримки проектування розподіленої інформаційної системи.

Сьогодні розроблено та реалізовано структурний підхід до проектування інформаційних систем, особливо на етапі отримання первинної інформації про систему. В середовищі розробників активно використовуються об'єктні методології проектування інформаційних систем. Ці методології орієнтовані на системи, що функціонують у порівняно стаціонарному середовищі і не завжди пристосовані до динамічних середовищ; орієнтовані скоріше на повторне проектування інформаційних систем, що вимагає у випадку постійних змін значних додаткових часових та грошових ресурсів.

Моделювання є достатньо ефективним способом дослідження складних систем різного призначення, — технічних, економічних, екологічних, соціальних, інформаційних — як на етапі їх проектування, так і в процесі експлуатації. Інформаційні системи розробляються творчими колективами, а однією із ключових проблем такого виробництва є проблема якості функціонування. Остання перевіряється тестовими методами. Складні системи вимагають великих обсягів засобів тестування, які потребують системного виготовлення та адекватної інтерпретації під час всього періоду експлуатації.

Тобто можна виділити тестування — як один із найважливіших етапів у створенні програмного забезпечення. Тестування в основному розділяється на два види: мануальне (ручне) та автоматизоване.

При мануальному тестуванні тестувальники вручну виконують тести, не використовуючи ніяких засобів автоматизації [1]. Ручне тестування — низькорівневий і простий тип тестування, який не потребує великої кількості додаткових технічних знань. Проте, перед тим як автоматизувати тестування будь-якої програми, необхідно спочатку виконати серію тестів вручну. Мануальне тестування вимагає значних зусиль, але без нього ми не зможемо переконатися в тому, чи можлива автоматизація в принципі. Один з фундаментальних принципів тестування говорить: 100% автоматизація неможлива. Тому ручне тестування — необхідність.

Автоматизоване тестування передбачає використання спеціального програмного забезпечення для контролю виконання тестів і порівняння очікуваного фактичного результату роботи програми. Цей тип тестування допомагає автоматизувати часто повторювані, але необхідні для максимізації тестового покриття завдання.

Існує кілька основних видів автоматизованого тестування: автоматизація тестування коду — тестування на рівні програмних модулів, класів і бібліотек (фактично, автоматичні xUnit-тести); автоматизація тестування графічного інтерфейсу користувача — спеціальна програма (фреймворк автоматизації тестування) дозволяє генерувати користувальницькі події — натискання клавіш, кліки мишкою, і відслідковувати реакцію програми на ці дії — чи відповідає вона специфікації; автоматизація тестування API програмного інтерфейсу програми [2]. Тестуються інтерфейси, призначені для взаємодії, наприклад, з іншими програмами або з користувачем.

Якщо ж розглядати Web розробку, то найпопулярніший інструмент для автоматизації тестування — Selenium Web Driver. Це програмна бібліотека для

управління браузерами та ціле сімейство драйверів для різних браузерів, а також набір клієнтських бібліотек на різних мовах, що дозволяють працювати з цими драйверами. У рамках проекту Selenium розробляються драйвери для браузерів Firefox і Safari. До речі вони разом з Google Chrome розділяють перші місця у рейтингу за популярністю використання серед користувачів. Зазвичай QA-інженери використовують мову програмування Java для автоматизації на Selenium, так як вона є строго типізованою, що дуже важливо при оперуванні користувальницькими даними.

Неможна не згадати найпотужніший фреймворк на Java — TestNG [3]. Це система тестування для мови програмування Java, створена на основі JUnit і NUnit. Мета дизайну TestNG — це охоплення більш широкого спектру тестових категорій: модульне тестування, функціональне тестування, інтеграційне тестування тощо, з більш потужними і простими у використанні функціями. У TestNG є багато зручних речей, яких немає в JUnit, але при цьому TestNG здається важчим, як в сенсі об'єму коду самої бібліотеки, так і для розуміння усіх тонкощів бібліотеки. До переваг TesNG можна віднести: анотації, оскільки вони спрощують життя тестувальникам; тест-кейси можуть бути згруповані і пріоритезовані; можливе паралельне тестування; є можливість створювати параметризовані тести.

Як висновок можна зазначити, що деякі задачі тестування, такі як низькорівневе регресійне тестування, можуть бути трудомісткими і вимагають багато часу для виконання їх вручну. Крім того, мануальне тестування може недостатньо ефективно знаходити деякі класи помилок. У таких випадках автоматизація може допомогти заощадити час і зусилля проектної команди.

Після створення автоматизованих тестів, їх можна в будь-який момент запустити знову, причому запускаються і виконуються вони швидко і точно. Таким чином, якщо є необхідність частого повторного прогону тестів, значення автоматизації для спрощення супроводу проекту і зниження його вартості важко переоцінити. Адже навіть мінімальні патчі і зміни коду можуть стати причиною появи нових багів.

[1] Про Тестинг - Автоматизированное Тестирование - Зачем необходимо автоматизировать. [Електронний ресурс]. Режим доступу http://www.protesting.ru/automation/functional/whytoauto.html
[2] В. В. Герасимов, Н. Э. Никитин, А. Е. Щербак, Н. В. Карпенко. Тестирование API и актуальные средства его реализации // Системні технології. Системи і процеси обробки інформації та управління: Збір. наук. праць. — Вип. 1(120) — Дніпро: "Системні технології", 2019, с. 70-80.
[3] TestNG - Welcome. [Електронний ресурс]. Режим доступу https://testng.org/doc/

PLACE OF TESTING IN THE DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEMS

Yu. Piekhov, V. Gerasymov
Oles Honchar Dnipro National University
piekhov_yp@ffeks.dnu.edu.ua

The main trend in the development of modern information systems is the application of various models of the software life cycle. Information systems are developed by creative teams, and one of the key problems of such production is the problem of functional quality control. The last one is tested by test methods.

So, testing process - one of the most important stages in the software development. Selenium is an open-source automated testing framework for web applications. It is a tool for automating a real browser, both locally and remotely, that most closely simulates user actions.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ І АНАЛІЗУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ

О. Тонкошкур, А. Лозовський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
andrew.lozovsky@gmail.com

Інтелектуалізація інформаційно-вимірювальних систем для неруйнівного контролю фізичних і фізико-хімічних властивостей матеріалів дозволяє розширити їх функціональні можливості і підвищити оперативність і точність технології наукових досліджень і контролю [1,2]. Актуальним питанням в цьому напрямку є створення програмного забезпечення обробки експериментальних даних, яке включає елементи їх аналізу відповідно до наявних, як правило, складних в математичному сенсі теоретичних моделей.

Однією з таких задач на даний момент є обробка аналіз експериментальних даних вимірювань газочутливих параметрів напівпровідникових сенсорів при їх дослідженні та застосуванні В якості функціональних характеристик сенсорів визначають статичну газочутливість (відгук), часи детектування і релаксації до вихідного стану та залежність їх від концентрації активного газу та температури. Одним з напрямків отримання цієї та додаткової інформації є дослідження кінетики відновлення сенсору після детектування [3,4]. В цій роботі розглядаються особливості програмного забезпечення обробки і аналізу експериментальних даних таких досліджень.

Особливостями розробки зазначеного програмного забезпечення є наступні

- необхідність використання різних програмних пакетів і середовищ, найбільш ефективних на кожному етапі обробки і аналізу даних, зокрема, спеціальних математичних пакетів через досить складні теоретичні моделі опису їх базових властивостей;
- робота з великими масивами експериментальних даних (одна залежність містить, як правило, до кількох десятків тисяч експериментальних точок;
- наявністю значних похибок, обумовлених процесами чисельного диференціювання, вибору часового діапазону, де коректна обрана модель фізичного процесу, реалізованого в експерименті, що в кінцевому підсумку вимагає участі оператора і створення алгоритмів, що моделюють його функції;
- використання прикладів (тестів), які демонструють коректну обробку і аналіз відповідних експериментальних даних.

У даній роботі розглядаються варіант структури програмного забезпечення, призначеного для користувача інтерфейсу і технології використання програмного забезпечення з участю користувача. Він базується на основі спеціалізованого віконного додатку, розробленого раніше для обробки експериментальних кінетичних залежностей відгуку газочутливих сенсорів та розрахунку їх параметрів за алгоритмом розтягнутої експоненціальної функції Кольрауша-Вільямса-Воттса [4].

Програмне забезпечення базується на комплексному використанні різнорідних програмних продуктів і надає наступні сервісні функції обробки і аналізу зазначених даних:

- введення даних за допомогою електронних таблиць Excel або текстових файлів;

- розрахунки в математичному пакеті «Mathcad» заданих параметрів;
- візуалізацію отриманих залежностей у вигляді графіків;
- надання необхідної текстової інформації про використовувані алгоритми розрахунку і тестових прикладах їх використання;
- доступ в Інтернет при необхідності для отримання додаткової інформації.

Середовищем, що забезпечує роботу описуваного програмного продукту, є операційна система Windows. Навігація між розділами відбувається за допомогою кнопок і меню різних рівнів (головного, проміжних і робочих меню).

Для управління обробкою вихідних даних використовується Монітор пакета, який написаний з застосуванням мови C # і типу проекту Windows Forms Application інструментарію Visual Studio.

Розглянуте програмне забезпечення використовувалось для обробки і аналізу експериментальних даних досліджень напівпровідникових резистивних сенсорів метану на основі ZnO-Ag.

[1] Селиванова З.М. Интеллектуализация информационно-измерительных систем неразрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов. Дисс. на соискание д.т.н., ТГТУ, Тамбов. (2006). 402 с.
[2] Раннев Г.Г. Интеллектуальные средства измерений / Г.Г.Раннев. - М.: Издательский центр «Академия». (2011). - 272 с.
[3] Tonkoshkur, A.S., Lyashkov, A.Y., & Povzlo, E.L. Kinetics of Response of ZnO-Ag Ceramics for Resistive Gas Sensor to the Impact of Methane, and its Analysis Using a Stretched Exponential Function. Sensors and Actuators B: Chemical. Vol. 255, Part 2. February. (2018). P. 1680-1686.
[4] Тонкошкур, О., Лозовський, А. Application for calculating the parameters of a gas sensor from the experimental kinetic dependence of response. Системні технології, Вип. 2. (2021). С. 26-32.

FEATURES OF THE SOFTWARE FOR PROCESSING AND ANALYSIS OF EXPERIMENTAL DATA OF GAS SENSORS RESEARCH

A. Tonkoshkur, A. Lozovskyi
Oles Honchar Dnipro National University
andrew.lozovsky@gmail.com

The issues of creating intelligent information-measuring systems for non-destructive testing of physical and physicochemical properties of materials are considered, which aim to expand their functionality, including solving problems of analysis of experimental data, and increase the efficiency and accuracy of research and control technology.

Elements of the structure and interface of a specialized application based on the algorithm of the model of the stretched exponential function for data processing of the response kinetics of resistive gas sensors are presented.

While creating a program, the concept of using different software packages and environments that are most effective at each stage of data processing and analysis is used.

АДАПТИВНА СЕГМЕНТАЦІЯ СЛАБОКОНТРАСТНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МНОЖИН ТИПУ_2

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

Сегментація зображень - одне із найскладніших завдань при обробці зображень. Через завжди присутню у зображеннях нечіткості та невизначеності, зумовлену, зокрема дискретизацією за часом та квантуванням за амплітудою, для розробки нового покоління алгоритмів обробки зображень широко використовуються нечітка логіка з нечіткими множинами типу_1 (T1). Проте, перехід у нечіткий простір T1 також є неоднозначною процедурою. Для налаштування та уточнення функцій приналдежності нечітких систем сучасні дослідження використовують нечіткі множини типу_2 (T2) [1].

Якщо функцію приналежності μ нечіткої множини T1 визначено, на її основі для опису невизначеності T2 використовуються нижня μL та верхня μU функції принадлежності

$$\mu_L(i,j) = \mu(g(i,j))^{a(i,j)},$$
$$\mu_U(i,j) = \mu(g(i,j))^{\frac{1}{a(i,j)}} \quad (1)$$

де $\alpha \in (1,\infty)$. Зазвичай для зображення значення немає сенсу. Один із способів адаптивного визначення параметра для кожної просторової точки (i,j) має вигляд [2]

$$\alpha(i,j) = F \times \min\left(1, \frac{\max_k g(i+k, j+k) - \min_k(i+k, j+k)}{L-1}\right), \quad (2)$$

де kxk розмір вікна перетворення, а константа F∈(1, ∞) є коефіцієнтом посилення, що контролює довжину/ширину сліду невизначеності FOU, L –кількість рівні сірого. Це означає, що якщо інтенсивність центрального пікселя значно відхиляється від безпосереднього оточення, то невизначеність сегментації зростає.

Новий рівень сірого g(i,j)' обчислюється за формулою:

$$g'(i,j) = (L-1) \times \frac{\omega_U(i,j)\mu_U(g(i,j)) + \omega_L(i,j)\mu_L(g(i,j))}{\omega_U(i,j) + \omega_L(i,j)} \quad (3)$$

де ваги wL та wU для функцій належності μU, μL можуть розраховуватися із співвідношення локального та глобального мінімального рівня сірого в межах вікна.

$$\omega_L(i,j) = \frac{\min_k g(i+k, j+k)}{g_{\max}}$$
$$\omega_U(i,j) = \frac{\min_k g(i+k, j+k)}{g_{\max}} \quad (4)$$

В рамках даної доповіді розглядається інформаційна можливість сегментації слабоконтрастних зображень з використанням функцій приналежності T2, на основі функції приналежності T1 μ, отриманий методом FCM, оцінка впливу на її чутливість способу визначення функції приналежності T1 та параметрів k, F.

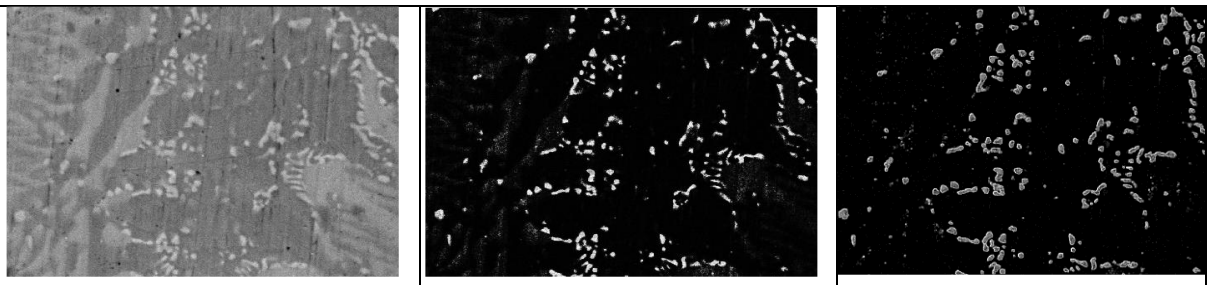
Використовуваний алгоритм включає кроки:

- визначення розміру просторового вікна обробки k, параметра F;
- визначення нечіткого ступеня належності T1 μ методом FCM з використанням

інформації про розподіл яскравості у вікні перетворення;

- визначення gmin, gmax для функції приналежності g обраного класу;
- обчислення α(i,j) для всіх просторових вікон відповідно до (2);
- розрахунок ваги wL та wU за формулою (4)
- визначення верхньої μU та нижньої μL меж функцій приналежності T2 з використанням (1);
- розрахувати новий рівень сірого g 'за формулою (3).

На рис. 1 представлено слабоконтрастне зображення зразка сплаву зі збільшенням 3500 разів та результати його сегментації методом FCM та з урахуванням нечіткості T2.



вихідне зображення	μ класа FCM з об'єктами інтересу	*g(i,j)'*

Рис.1. Результати сегментації слабоконтрастного зображення методом FCM та з урахуванням нечіткості T2

Висновки:

- застосування нечітких множин типу_2 дозволяє підвищити чутливість сегментації слабоконтрастних зображень;
- апріорна інформація про об'єкти інтересу та методи передобробки вихідних даних підвищують ефективність алгоритму;
- на ступінь деталізації результату сегментації впливає спосіб формування функції приналежності типу_Ы2.

[1] L. Akhmetshina, A. Yegorov. Low-Contrast Image Segmentation by using of the Type-2 Fuzzy Clustering Based on the Membership Function Statistical Characteristics / International Scientific Conference Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. AISC, - v. 1020. pp 689-700.

[2] H. Bustince et al., (eds.), Fuzzy Sets and Their Extensions: Representation, Aggregation and Models. C Springer 2008.

ADAPTIVE SEGMENTATION OF LOW-CONTRAST IMAGES USING SETS OF TYPE_2

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

The paper considers a segmentation method based on fuzzy logic methods of type_2. As a result, a comparison was made between the methods of fuzzy logic and fuzzy logic of type_2.

РОЗРОБКА МІКРОСЕРВІСНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ

М. Помін, Н. Матвєєва
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
pominmaksim127@gmail.com, 31nata@ukr.net

В програмній інженерії монолітна модель відноситься до єдиної неподільної одиниці. Концепція монолітного програмного забезпечення полягає в тому, що різні компоненти програми об'єднуються в одну програму на одній платформі [1].

Переваги монолітної архітектури:

- спрощена розробка та розгортання;
- менше наскрізних проблем;
- краща продуктивність.

Недоліки монолітної архітектури:

- кодова база з часом стає громіздкою;
- складно впроваджувати нові технології;
- обмежена гнучкість.

Мікросервіси – це тип сервісно-орієнтованої архітектури програмного забезпечення, який орієнтований на створення ряду автономних компонентів та складових додатків. Мікросервісні додатки складаються з декількох незалежних компонентів, які склеєні разом за допомогою API [2].

Мікросервісний підхід має на увазі розбиття на сервіси відповідно до потреб бізнесу. Такі сервіси включають в себе повний набір технологій, необхідних для цих бізнес-потреб, в тому числі користувацький інтерфейс, сховище даних і будь-які зовнішні взаємодії. Це призводить до формування крос-функціональних команд, що мають повний набір необхідних навичок: user-experience, бази даних і project management.

Переваги мікросервісної архітектури:

- легко розробляти;
- легко тестувати і розгортати:
- підвищена гнучкість;
- можливість масштабування по горизонталі.

Недоліки мікросервісної архітектури:

- складність;
- проблеми безпеки;
- різні мови програмування.

На даний момент існує онлайн-сервіс для обслуговування багатоквартирних будинків, написаний з використанням монолітної архітектури. Але через зростання кількості користувачів, клієнтів, регулярної необхідності додавання/оновлення різного функціоналу почали проявлятися недоліки монолітної архітектури.

Було прийнято рішення змінити архітектурний підхід проекту на мікросервіси, перехід в результаті допоможе вирішити декілька завдань:

- багаторазове використання мікросервісов дозволить легше адаптуватися під нові вимоги проекту і масштабувати його;
- впроваджувати новий функціонал без додаткових витрат;
- спростити інтеграцію наступних додатків.

[1] Краща архітектура для MVP [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://habr.com/ru/company/otus/blog/476024/
[2] Monolithic and Microservice Architecture [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://microservices.io/

DEVELOPMENT OF A MICROSERVICE SYSTEM FOR MAINTENANCE OF APARTMENT BUILDINGS

M. Pomin, N. Matvjejeva
Oles Honchar Dnipro National University
pominmaksim127@gmail.com, 31nata@ukr.net

Currently, there is an online service for the maintenance of apartment buildings written using a monolithic architecture. But due to the growing number of users, customers, the regular need to add / update various functionalities, the shortcomings of the monolithic architecture began to appear.

It was decided to change the architectural approach of the project to microservices, the resulting transition will help solve several problems:

- repeated use of microservices will make it easier to adapt to new project requirements and scale it;
- introduce new functionality without additional costs;
- simplify the integration of the following applications.

ЗАХИСТ WEB-ЗАСТОСУНКІВ ВІД АТАК ТИПУ XSS

А. Трегуб, М. Коломицев
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
Фізико-технічний інститут
antontregub1001@gmail.com, box144.85@gmail.com

XSS вразливості вже не перший рік займають високі позиції у відкритому рейтингу OWASP top 10 Security Risks & Vulnerabilities [1]. З кожним роком все більше програмних продуктів переходить у більш зручний для сучасного часу інтерфейс Web-застосунків.

Web-застосунок – це розподілена програма, у якому клієнтом виступає браузер, а сервером – Web-сервер. Зазвичай браузер виступає лише для відображення та введення інформації користувачем, але можливий випадок коли клієнтом є застосунок на платформі будь-якої операційної системи. Для забезпечення обміну інформацією використовують передачу параметрів у рядку URL або у HTTP запитах, найчастіше це методи POST, PUT, GET, DELTE.

XSS або міжсайтове виконання коду – це вид атаки на Web-сервер, яка полягай у ін’єкції зловмисного коду на сторону сервера та взаємодії з сервером зловмисника. Атака може нести ціль: крадіжки cookie-файлів, конфіденційних даних, перенаправлення на інший сервер або завантаження файлів.

Перше, що слід розглянути під час планування архітектури Web-застосунку, це ненадійні джерела. Найпростіший приклад, це дані, які відправлені на сервер за допомогою браузера і таких елементів HTML, як форми. У такому випадку було б достатньо фільтра на стороні клієнта, але можлива ситуація коли запит надсилається напряму, за допомогою Web API інтерфейсу, оминаючи будь-який захист зі клієнтської частини.

Ніколи не вставляти в HTML код сторінки дані з неперевірених джерел. Далі буде йти мова про винятки, але це правило допомагає попередити велику кількість атак. Суть полягає у тому, що кодування сторінок досить складний процес і можливість допущення помилки дуже висока. Найголовніше, уникати завантаження програмного коду сімейства JavaScript з ненадійного джерела і не запускати його. Не рекомендовано змінювати сценарії у тегах <script>, вставляючи текст з ненадійних джерел. Також сюди відносяться коментарі HTML <!---…--->, стилі <style>…</style>, атрибутів <div … > та у теги < … />.

Інколи виникають випадки коли необхідно вставити елементи з ненадійного джерела в сторінку HTML, як приклад може бути форма пошуку. Коли користувач ввів необхідний запит, а на сторінці відображається як заголовок сторінки, так і в тегу <title>, як назва сторінки. То в такому випадку обов’язкове кодування символів.

Більшість сучасних мов програмування, які безпосередньо призначені для створення Web-застосунків мають вже влаштовані засоби запобігання XSS-атакам, але їх потрібно обережно використовувати та дотримуватися правил, які зазначені у офіційній документації. Цей випадок підходить до більшості застосунків, але може неправильно працювати з використання інших кодувань, наприклад на сайті можливо використання символів які виходять за межі латиниці та кирилиці, наприклад мови східних країн.

Для розробки власного фільтру було обрано платформу .NET Core, та технологію REST API. Оскільки ця технологія має ряд переваг та гнучкість у плані створення до неї клієнтських застосунків і розширення функціоналу. Як у кожної мови програмування, були проаналізовані особливості формування та роботи з рядковими змінними, для запобігання непередбачених шляхів обходу захисту, таких як переповнення буфера.

Але гарною практикою є логування подій, які мають на меті виконати несанкціоновані дії, тому на допомогу приходить XSS-фільтр – частина програми, яка аналізує рядок, який надійшов з ненадійного джерела та визначає чи є потенційна небезпека під час обробки запиту. У разі напрочуд частих запитів з одного облікового запису приймати заходи, які визначені і політиці безпеки застосунку.

Для розробки власного фільтру було використано комбінований підхід до аналізу даних, на основі перевірки окремих символів, так і використання регулярних виразів. Перевагою використання власного фільтру є те, що його налаштування та вибір кодування відповідно до регіональної групи. Іншим доступним функціоналом є знаходження та заміна не кодованих символів.

Для тестування створеної бібліотеки було згенеровано близько 2500 різних XSS атак. Бібліотека показала досить гарний результат. На першому етапі вдалося досягти близько 96% знаходження сценаріїв, а у випадку перевірки випадкового тексту фільтр опрацював всі рядки і не знайшов підозрілі.

Для забезпечення захисту Web-застосунку необхідно дотримуватися наведених рекомендацій, використовувати рішення які запропоновані браузерами. Також необхідно проводити регулярні тестування засобами такими як Nessus та Acunetix.

[1] OWASP Top 10 - 2021 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://owasp.org/Top10/.

[2] Cross Site Scripting (XSS) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://owasp.org/www-community/attacks/xss/.
[3] Prevent Cross-Site Scripting (XSS) in ASP.NET Core [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/core/security/cross-site-scripting?view=aspnetcore-5.0.l

WEB APPLICATION PROTECTION FROM XSS ATTACK

A. Trehub, M. Kolomytsev
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" Institute of Physics and Technology
antontregub1001@gmail.com, box144.85@gmail.com

XSS vulnerabilities are not the first year to occupy leading positions in the rankings of the most common. Because their protection is in the adoption of comprehensive measures that must be taken both on the client parts of the application and on the server. We look at the main aspects of building protection, and focus on creating an application that can determine whether a string contains a potential hazard and, if necessary, edit it to a safe form.

ІНТЕГРАЦІЯ IDENTITY SERVER ФРЕЙМВОРКУ ЯК СТОРОННЬОГО ПОСТАЧАЛЬНИКА АВТЕНТИФІКАЦІЇ У ASP.NET CORE ДОДАТОК

А. Кравець, І. Пономарьов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
workkravest@gmail.com

Існує стільки ж способів зберегти дані в безпеці, скільки існує способів атакувати їх. Для розробників та IT-спеціалістів вибір способу забезпечення безпеки даних починається з вибору стандарту, який слід розгорнути, щоб забезпечити безпеку посвідчень організації.

Провіднім варіантом для інтеграції у ASP.NET Core додаток є Identity Server фреймворк. IdentityServer - це набір служб і проміжного програмного забезпечення, що вбудовані в додаток ASP.NET Core [1]. Фреймворк надає можливість за лічені хвилини/години запустити сервер, який узгоджується з провідними стандартами: OAuth 2.0 та OpenID Connect. Гарною практикою є розміщення сервера автентифікації як окремого об'єкта. Завдяки цьому можна отримати систему єдиного входу для різних програм.

IdentityServer має ряд завдань та функцій, у тому числі:

- Захищати ресурси.
- Автентифікувати користувачів за допомогою локального сховища облікових записів або через зовнішнього постачальника ідентифікаційних даних.
- Забезпечувати управління сеансами та єдиний вхід.
- Видавати клієнтам ідентифікаційні дані та токени доступу.
- Перевіряти токени.

Можна виділити наступні переваги IdentityServer:

- Підтримка OAuth 2.0 (токени доступу до ресурсів, використання облікових даних користувачів).
- Підтримка всіх потоків OAuth 2.0, тобто можливо легко авторизувати користувачів у таких програмах, як: веб-сайти, мобільні програми, пристрої IoT, ігрові консолі.
- Конфігурація сервера за допомогою коду.
- Гнучка інтеграція з .NET Core платформою та підтримка мови C#.
- Детальна документація.
- Ідеально підходить для ситуацій, коли є різні програми, які можуть використовувати один сервер автентифікації.
- Функціонал фреймворку легко розширюється.

Ключові моменти під час інтеграції Identity Server фреймворку у ASP.NET Core додаток повинні бути наступні.

1. Проміжне програмне забезпечення Identity Server для додатку ASP.NET Core

Як правило, створюється додаток, який містить сторінку входу та виходу, а проміжне програмне забезпечення IdentityServer додає до нього необхідні дані протоколів, щоб клієнтські програми могли з ним спілкуватися використовуючи ці стандартні протоколи.

2. Налаштування Identity Server.

IdentityServer — це комбінація проміжного програмного забезпечення та служб. Вся конфігурація виконується у класі Startup. Необхідно додати служби IdentityServer до системи DI (ін'єкції залежностей), викликаючи метод services.AddIdentityServer() в ConfigureServices класі. За допомогою цього, повертається об’єкт - конструктор, який, у свою чергу, має ряд зручних методів для підключення додаткових сервісів. Наприклад, IdentityServer підтримує сертифікати X.509, які необхідно конфігурувати за допомогою методу AddSigningCredential.

Окремо налаштовується зберігання конфігурації та користувачів у системі. Для швидкого старту використовується in-Memory конфігурація, що зберігає усі необхідні об’єкти конфігурації у пам’яті створеного додатку, але вони є жорстко закодовані. Під час розробки цей функціонал замінюється, наприклад, на SQL сервер для зберігання інформації.

3. Налагодження додатку, задля вирішень проблем з доступом під час розробки.

Для того щоб проаналізувати усю необхідну інформацію передану у запитах необхідно використовувати спеціальну програму – Fiddler [2], що являється потужним інструментом для діагностування та вирішення проблем пов’язаних с некоректними даними переданими у запитах. Також, для того щоб протестувати додаток, вдалим рішенням буде використання Postman програми, яка дає можливість створювати, налаштовувати та посилати запити до необхідного ресурсу.

Identity Server це потужний фреймворк, що поєднує в собі сучасні технології, містить обширну базу, для швидкого початку роботи, підтримує розширення, та інтегрується з сучасною ASP.NET Core платформою.

[1] Identity Server. Setup and Overview. / [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.identityserver.io/en/release/quickstarts/0_overview.html

[2] Debug and Troubleshoot like a Hero. / [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.telerik.com/blogs/how-to-select-the-fiddler-tool-or-solution-that-aligns-with-your-debugging-and-troubleshooting-requirements

IDENTIFICATION SERVER INTEGRATION AS A THIRD PARTY AUTHENTICATION PROVIDER IN ASP.NET CORE

A. Kravets, I. Ponomarev
Oles Honchar Dnipro National University
workkravest@gmail.com

IdentityServer is a set of services and middleware built into ASP.NET Core. The framework provides the ability to start the server in minutes/hours, which meets the leading standards of OAuth 2.0 and OpenID Connect, contains built-in templates for quick start, and supports extensions. A methodology has been developed that outlines the basic steps for integrating IdentityServer with ASP.NET Core and emphasizes the benefits of the framework.

АВТОМАТИЧНА ГЕНЕРАЦІЯ EXCEL ДОКУМЕНТІВ У C# ЗА ДОПОМОГОЮ БІБЛІОТЕК

І. Хозноферов, Т. Вакалюк
Державний університет «Житомирська політехніка»
officerector@ztu.edu.ua

Для різних підприємств гостро стоїть проблема автоматичного генерування excel звітів для тих чи інших потреб.

Розглянемо 3 найбільш популярні бібліотеки для автоматизації генерування excel файлів та порівняємо їх між собою.

EPPlus був заснований як проект з відкритим кодом шведським програмістом Яном Келлманом у 2009 році. Завдяки великій кількості функцій, продуктивності та якості EPPlus незабаром став популярним серед розробників .NET у всьому світі. Станом на 2021 рік це, безумовно, найбільш завантажена бібліотека електронних таблиць на Nuget з понад 30 мільйонами завантажень з самого початку. EPPLUS надає можливість читання, запису та інших операцій для файлів Excel 2007/2010/2013 у форматі Open Office Xml (xlsx).

EPPlus підтримує наступні можливості: роботу з діапазонами клітин, стиль комірок (рамки, колір, заливка, шрифт, вирівнювання), діаграми, картинки, фігури, коментарі, захист, шифрування, зведені таблиці(на базовому рівні), перевірку даних, умовне форматування, розрахунок формул.

NPOI - це проект з відкритим кодом, який може читати/писати розширення файлів XLS, DOC, PPT. Цей інструмент є версією .NET Java -проекту POI. Він охоплює більшість функцій Excel, таких як стилістика, форматування, формули даних, вилучення зображень тощо. Для роботи бібліотеки не потрібен Microsoft Office на сервері. NPOI можна використовувати для: Створення звітів Excel без встановленого пакета Microsoft Office, отримання тексту та зображень з документів Office, створення листів Excel, які містять формули.

COM Interop - технологія, включена в .NET CLR, що дозволяє об'єктам COM(технологічний стандарт від компанії Microsoft, призначений для створення програмного забезпечення на основі взаємодіючих компонентів об'єкта, кожен з яких

може використовуватися в багатьох програмах одночасно) взаємодіяти з об'єктами .NET, і навпаки.

Завданням COM Interop є забезпечення доступу до існуючих компонентів COM без необхідності модифікації оригінальних компонентів. Дана технологія намагається зробити типи .NET еквівалентними типами COM.

Microsoft Office Interop (автоматизація Excel) у C# та VB.NET, це опція для створення/читання файлів Excel (XLS, XLSX, CSV) із програми C# або VB.NET, але у неї є багато недоліків: потрібна ліцензія на Microsoft Office, він працює тільки в операційних системах Windows, при використанні автоматизації Microsoft Excel завантажується у фоновому режимі, використовуючи багато пам'яті та завантажуючи велику кількість файлів і бібліотек DLL, API дуже повільний.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика аналогів

Характеристика	EPPlus	NPOI	Intertop
Можливість генерації без встановленого офісу	+	+	-
Експорт файлів	+	+	+
Використання формул	+	+	+
Стилізація документу	+	+	+
Підтримка роботи с діаграмами	+	-	+
Робота с документами Word	-	+	-
Підтримка роботи з форматуванням і типами даних	+	+	+
Повна підтримка зведених звітів	-	-	+

FRAME-BASED SENTENCE PATTERNS FOR INTEGRATIVE COMPUTER-AIDED LANGUAGE LEARNING SYSTEM

O. Lytvynov, M. Lytvynov
Oles Honchar Dnipro National University
lishu.dnepr.ua@gmail.com, litvinovma0@gmail.com

According to Warschauer [1] there are three key classes of CALL systems: behavioristic, communicative, integrative. While *behavioristic systems* are focused on “drill and practice” principle [1], *communicative systems* try to involve the computer system encouraging students to generate original utterances rather than manipulate prefabricated language. From the point of view of communicative systems developers, making the system flexible to a variety of student responses causes the creation of an environment in which using the target language feels natural. *Integrative systems* are based on two technological components - multimedia computers and the Internet [1]. The main features of such systems are as follows: authentic linguistic environment simulation using the media which makes it natural to combine reading, writing, speaking and listening in a single activity; individual approach to each student; focusing on the content the students are interested in.

The paper [2] represents a formal description of the scenario of the scenario-based integrative language learning system. According to [2] the scenario can be represented as a set of steps. The key element of the step is a message which passes a meaning of the event to the user. The message consists of a number of projections of the message: text, formula, video-clip, audio, image, diagram, virtual agent actions etc. There are two types of the messages: task-oriented messages which cause interrupts of the flow requiring user reaction and context-oriented messages. Context-oriented messages form a background to make a natural

involvement of the user into communication based on task-oriented messages. Each task was defined as a 3-tuple “task definition – a set of weighted correct answers – a required time to perform the task”.

A set of weighted answers forms a pattern P^j which provides a set of pairs “expression - value”.

$$P^j =_{def} \{\langle s, v\rangle | s \in S^j, v \in \mathbb{Q}\},\ P^j \subseteq \mathcal{P} \tag{1}$$

And there was also introduced an operation ψ which can estimate a certain expression against a pattern of answers.

$$\psi(s, q^j{}_i) = \begin{cases} v, \exists s: \langle s, v\rangle \in P^j \\ 0, \nexists s: \langle s, v\rangle \in P^j \end{cases} \tag{2}$$

To make the interconnection between the user and the system more natural and effective means making the system flexible to a variety of student responses. This claim gets the developers faced the issue of a huge number of probable variants of acceptable answers connected to one task, considering their completeness, acceptability etc. It is obvious that this problem cannot be resolved simply by the enumeration of all the available variants. Even for a 10 words long sentence we could have a huge number of variations: more or less acceptable, more or less complete etc. Thus, there should be applied a mechanism able to help teachers to describe a huge number of variants using compact structures. Of course, this mechanism should consider both semantic and syntactic features of the expression. One of the powerful knowledge representation systems which could be used for that purpose is frame-based paradigm provided by Minsky in [3]. The main goal of the frame approach was to gather all relevant knowledge about a situation in one object instead of distributing this knowledge across various axioms. Frame is a data structure that is typically used to represent a single object or a class of related objects. The main benefit of such structure is its compactness. Frames reflect the human thinking mechanism and though perceived by the humans naturally. Frames are composed of slots which describe attributes or properties of the thing represented by the frame and can also describe binary relations between the frame and another frame (in the case of complex property). Slots also contain restrictions on their allowable values. Slot in turn could have a number of *facets* - attributes such as a slot datatype and restrictions on the allowable values.

According to frame-based paradigm, each sentence can be represented as a number of ordered slots (terminals and non-terminals) connected with the terms (variants of expression parts represented by the slots). Some slots are strongly required to be filled with the values others are optional ones. The collection of required slots forms the semantic core of the expression: the meaning cannot be passed if the slot is not filled with a proper value. Slots can be connected to a number of alternative values – the terms with the same meaning (i.e. synonymous). Some of the values can be regarded as preferable (the priorities can be defined quantitatively) and can be complex structures(frames) or simple – a sequence of words. The order of the slots allows us to build syntactically right sentences. Thus, we have a semantic core of the expression represented by the frame with syntactical facets.

Frame can be defined as a set of slots (Fig.1).

$$c =_{def} \vec{s} \tag{3}$$

We can describe the structure of slot as an ordered set of facets.

$$s_i =_{def} \vec{\varphi}_i,\ \vec{\varphi}_i \in \Phi \subseteq \Phi_1 \times \Phi_2 \times \dots \Phi_k \tag{4}$$

Domains represent the axes of slot's definition. For example, Φ_1 can represent the type of slot {terminal, nonterminal}, Φ_2 – number restriction used to describe the number of relationships of a particular slot that individuals can participate in etc.

We can say that two frames are similar if the sets of sentences generated by those frames are similar.

The language we use to describe the frames is very closed to IC (immediate constituent) patterns improved with new semantic marks. The description is more simple and understandable than the variant of pure frame-based language description. "<…>" – defines the borders of the slot. An asterisk ("*") placed before the denoted axis (the name of the terminal slot, e.g. Q, T, Tt, S) means that the slot is optional, "!" before the axis declares that the slot is required. The names of the slots can be selected randomly, their role is to represent a number of alternative slot values. Notably, that any part of the expression can be transformed into slot, means the slot is not connected to grammar structures (part of speech etc.). The value of the slot can be represented by the frame having some slots (Tt1 = today <*Tt>).

Let's look at the example.

```
<*Q ><*T ><!S >
Q1=as you're aware {.1}
Q2=as you know {.2}
T1=today <*Tt> {.3}
Tt1=in the evening {.1}
S1=we're going to be looking at your career options {.5}
```

Such frame produces the following set of sentences (decimal numbers in square brackets denotes the value of acceptance of the phrase):

```
We're going to be looking at your career options [.5]
Today we're going to be looking at your career options  [.8]
Today in the evening we're going to be looking at your career options [.9]
As you know we're going to be looking at your career options [.7]
As you're aware we're going to be looking at your career options [.6]
As you know today we're going to be looking at your career options [1.0]
As you're aware today we're going to be looking at your career options [.9]
As you know today in the evening we're going to be looking at your career options
[1.1]
As you're aware today in the evening we're going to be looking at your career options
[1.0]
```

It is obvious, that the adding of only one required slot with two alternative values will double the number of generated sentences.

The next question considers the rules of interpretation, e.g. according to the rule of indefinite article "a" becomes "an" before the word started with the vowel. It seems to be better to apply the generic set of rules of transformation for each language according to which generated sentences could be refined. Another variant is to attach the set of such rules to each frame. The most flexible solution is to use the combination of above two approaches: first apply generic rules set and then the specific one.

How to use the patterns. The easiest way is to use the patterns for the tasks connected to translation. But, firstly, forming the material for several pairs of languages seems very expensive. Secondly, it is far from the main goal of such systems that is to simulate a linguistic environment. Another variant is to allow the user to catch the meaning of the accepted phrase and let them to pass the meaning of that phrase. It's quite often happened in real world when

someone asks his/her companion to repeat the last phrase, or to explain the expression just heard on TV etc. In addition to checking the user's interpretation the system can provide an approach of evolutionary message construction. Every message has its minimal meaningful form captured by the frame. Thus, the system can show the user a process of evolution of the message from its minimal form to the complete one. It is more effective than the repetition of the whole phrase without understanding its structure and variations it encompasses.

[1] Warschauer M. (1996) "Computer Assisted Language Learning: an Introduction". In Fotos S. (ed.) Multimedia language teaching, Tokyo: Logos International: 3-20.
[2] Litvinov A.A. On formalization of computer-aided language learning system scenario. // System technologies. – N.1(108). – Dnepropetrovsk, 2017, pp. 63-70.
[3] M. Minsky 1975. 'A Framework for Representing Knowledge'. In The Psychology of Computer Vision, ed. P. H. Winston, 211 – 277. New York: McGraw-Hill.

ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ У ТЕКСТОВИХ ДАНИХ

А. Піляк, О. Дерев'янко, С. Пляка
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
elrondcastillo@gmail.com, alex_di_46@ukr.net

Виявлення аномалій є одним із актуальних напрямків досліджень у сфері інтелектуального аналізу даних. Проблема виявлення аномалій полягає у пошуку певних елементів у даних, які не відповідають очікуваній поведінці[1]. Такі елементи називають аномаліями або викидами. Методи виявлення аномалій широко використовуються у сфері кібербезпеки, при попередній обробці даних, для реєстрації деяких подій чи спостережень тощо. У контексті текстових даних задача виявлення аномалій може виникнути при аналізі звітів (у вигляді текстових документів чи лог-файлів), моніторингу соціальних мереж, фільтрації спаму та у багатьох інших ситуаціях. Особливо актуальною ця проблема стає при роботі з великими масивами даних.

Існує безліч різноманітних методів виявлення аномалій. У випадку роботи з текстовими даними часто застосовуються ті ж методи, що і для числових, але при цьому додатково постає питання конвертації тексту у деякий числовий формат. За наявності різних способів вирішення проблеми виявлення аномалій у текстових даних, необхідним кроком у її розумінні є порівняння ефективності цих методів. У даній роботі розглянуто такі методи виявлення аномалій, як Local Outlier Factor (LOF, Локальний рівень викиду), One-Class Support Vector Machine (OCSVM, Однокласовий метод опорних векторів), Isolation Forest (Ізоляційний ліс) та Global-Local Outlier Score from Hierarchies (GLOSH, Глобально-локальна оцінка викиду з ієрархій). OCSVM та Isolation Forest є методами, заснованими на класифікації та припускають попереднє навчання на тестових даних, у той час як LOF та GLOSH є методами, заснованими на щільнісній кластеризації (алгоритм DBSCAN) та застосовуються без попереднього навчання. У якості методів представлення тексту використано класичний підхід TF-IDF, а також більш сучасні методи вкладення слів, такі як Word2vec та GloVe (Global vectors, Глобальні вектори). У

якості програмного інструментарію використовується мова програмування Python та набір бібліотек для роботи у області інтелектуального аналізу даних та обробки природної мови, таких як NumPy, SciPy, scikit-learn, hdbscan[2], Gensim, NLTK (Natural Language Toolkit), pandas, matplotlib тощо. Дослідження проведено на тестових наборах англомовних текстових даних, що відрізняються за тематикою, розміром текстів, кількістю текстів у наборі і т.д.

У результаті дослідження отримано порівняльну характеристику, що демонструє застосовність кожного з методів для різних наборів даних при використанні одного з трьох методів представлення тексту. Для цього підраховано відсоток правильно визначених аномальних текстів для кожного випадку, використано матриці невідповідностей, а також застосовано непараметричні статистичні критерії для виявлення переваги певних методів над іншими. Отримані дані дають краще розуміння того, які методи виявлення аномалій є більш ефективними при роботі з текстовими даними загалом та з певними конкретними наборами даних. Також результати демонструють переваги і недоліки методів представлення тексту при їх використанні у поєднанні з певним методом виявлення аномалій для певних тестових наборів текстів.

Подальше опрацювання питання виявлення аномалій у текстових даних може включати тестування більш широкого спектру методів вирішення задачі. Існує велика кількість модифікацій розглянутих методів, перспективним напрямом є і використання різних типів нейронних мереж для вирішення задачі. Також важливим є розгляд інших сучасних методів представлення тексту, таких як BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers, Двоспрямовані кодувальні представлення з Трансформерів), ELMo (Embeddings from Language Model, Вкладення з мовної моделі), fastText і т.д. Для кращого розуміння особливостей виявлення аномалій у конкретних областях (наприклад, у соціальних мережах чи специфічних технічних звітах) є необхідним проведення більш детального дослідження на наборах даних, що відповідають цій області. Аналогічно, необхідно дослідити особливості роботи з текстами на різних мовах, що потребує мовно-специфічних наборів даних та програмних інструментів для роботи з деякою мовою. За відсутності, або недостатній кількості відповідних наборів та інструментів постає питання їх розробки, яке також потребує розгляду.

[1] Chandola, Varun & Banerjee, Arindam & Kumar, Vipin. (2009). Anomaly Detection: A Survey. ACM Comput. Surv.. 41. 10.1145/1541880.1541882.
[2] L. McInnes, J. Healy, S. Astels, hdbscan: Hierarchical density based clustering In: Journal of Open Source Software, The Open Journal, volume 2, number 11. 2017

ANOMALY DETECTION IN TEXT DATA

A. Piliak, O. Derevianko, S. Pliaka
Oles Honchar Dnipro National University
elrondcastillo@gmail.com, alex_di_46@ukr.net

The problem of anomaly detection in text data is discussed. This work aims to examine the effectiveness of existing anomaly detection and text representation methods via applying them on a variety of datasets and comparing the results.

ОБРОБКА КОЛЬОРОВИХ СЛАБОКОНТРАСТНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ БАГАТОВИМІРНОГО АНАЛІЗУ

Л. Ахметшина, С. Мітрофанов
Дніпровський національний университет імені Олеся Гончара,
mitrofanov.stas@hotmail.com

Задача виявлення візуально нерозрізнених областей слабоконтрастних цифрових зображень має велике значення у багатьох сферах діяльності людини. Методи багатовимірного аналізу дозволяють виявити важливі базові закономірності у вихідних даних на основі дослідження статистичного взаємозв'язку окремих компонентів. В даний час, розширюється сфера їх застосування при обробці багатовимірних зображень, зокрема, для поділу компонентів, виявлення об'єктів інтересу, стиснення та ін.

Метою даної доповіді є демонстрація інформаційних можливостей методів багатовимірного аналізу при обробці кольорових слабоконтрастних зображень.

Метод головних компонентів (PCA) забезпечує перехід у нову систему координат на основі аналізу матриці коваріації складових багатовимірних векторів. Результатом є ортогональні компоненти, що є лінійною комбінацією вихідних значень, котрим оцінки дисперсії на нові координати мають максимальну мінливість. PCA видаляє з даних статистичну залежність другого порядку і встановлює інформаційний внесок кожної нової компоненти у вихідних даних.

Незалежний компонентний аналіз (ICA) з вихідних багатовимірних даних видаляє статистичні залежності високого порядку між змінними, при цьому всі сформовані компоненти, будучи статистично незалежними, не утворюють ортогональний базис і мають однаковий пріоритет.

Одним з типових застосувань ICA є сліпий поділ або виявлення незалежних джерел на основі експериментальних спостережень, які являють собою невідомі лінійні суміші складових.

У зв'язку з завжди присутньою у зображеннях неоднозначністю та невизначеністю останній час для їх обробки широко застосовують нечіткі методи. У [3] представлений нечіткий метод основних компонентів (FPCA). Його особливість полягає в тому, що виконується нечітка кластеризація вихідної множини n векторів $X=\{x^1,\ldots, x^n\}$ розмірністю p на s нечітких кластерів на основі мінімізації цільової функції

$$J(P,L)=\sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{n}(A_i(x^j))^m d^2(x^j,L^i)$$

де $P=\{A_1,\ldots, A_s\}$ - нечітке розбиття; $A_i(x_j)\in[0,1]$ є ступенем приналежності точки x_j до нечіткого кластера A_i; $d(x_j, L^i)$ – евклідова відстань від точки x_j до прототипу кластера A_i $L = (L^1, L^2,\ldots, L^s)$; $m> 1$ – параметр фаззіфікації. Розглядаються циліндричні кластери з лінійним прототипом $L(u,v)$: u - власний вектор, що відповідає найбільшому власному значенню матриці коваріації C

$$C_{ij}=\frac{\sum_{k=1}^{p}A(x^k)^m\times(x_i^k-\bar{x}_i)\times(x_j^k-\bar{x}_j)}{\sum_{k=1}^{p}A(x^k)^m},\ i,j=1,\ldots,n$$

де $\overline{x}_i$ - середнє значення *i*-ої змінної. *v* – центр ваг нечіткого кластеру *A* с *m*-ої ступеню нечіткості.

Лінія, звана першою головною компонентою нечіткої множини, задається окремим власним вектором $||u||=1$, пов'язаним із найбільшим власним значенням $\lambda_{\max}$ нечіткої коваріаційної матриці $C = (C_{ij})$.

Вектор нечітких чисел $\tilde{x} = (\tilde{x}_1, \tilde{x}_2)'$ проектується на лінію *L*, напрямок якої визначається вектором B, що дає нечітке число $\tilde{y} = (y^{(1)}, y^{(2)}, y^{(3)}, y^{(4)})$. Це нечітке число потім проектується назад на дві вихідні осі x_1 та x_2, даючи реконструйований результат вектор $\tilde{z} = (\tilde{z}_1, \tilde{z}_2)'$. Вектор ваги B визначається так, щоб мінімізувати міру розбіжність між $\tilde{z}'$ та $\tilde{x}'$.

На рис. 1 а, б представлена геометрична інтерпретація нових компонент для двовимірних даних методом PCA і ICA, відповідно.

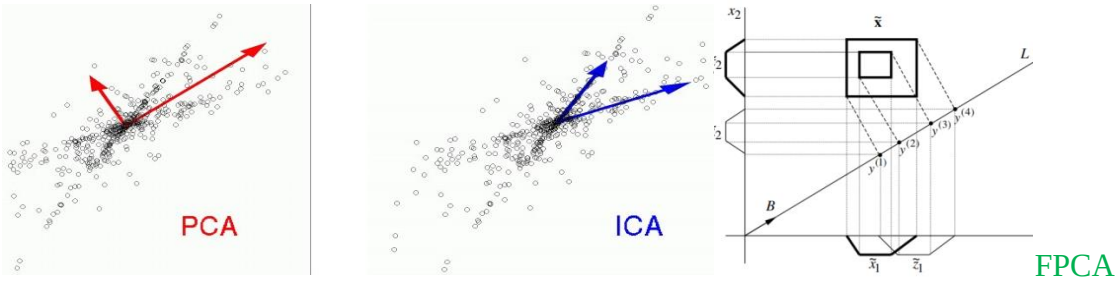
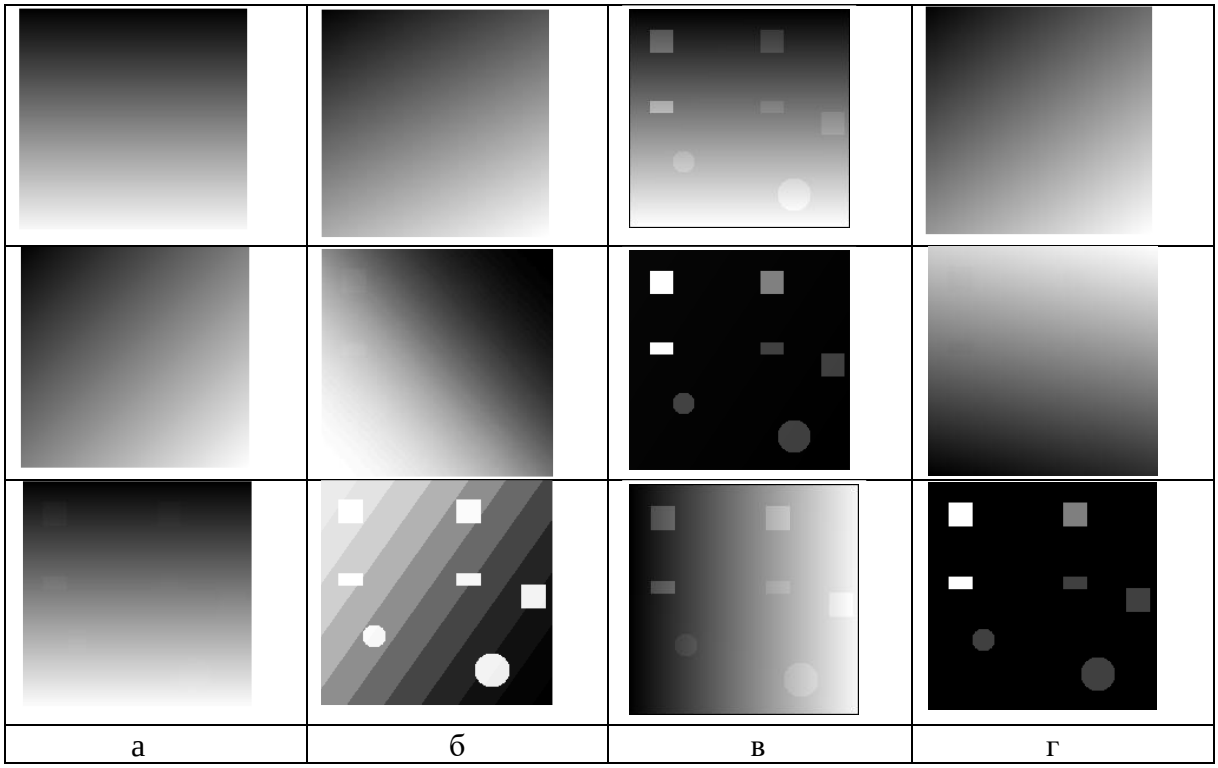


Рис. 1. Геометрична інтерпретація методів багатовимірного аналізу

На рис. 1 а представлена числова модель кольорового слабоконтрастного зображення, на третій компоненті якого є сім візуально нерозрізнених областей. На рис. 2 б, в, г - результат застосування при його обробці методів PCA, IC и FPCM, відповідно.



а	б	в	г

Рис. 2. Результати застосування методів багатовимірного аналізу кольорового зображення а) вхідне зображення; б) PCA; в) IC; г) FPCM

Висновки. Застосування методів багатовимірного аналізу даних до кольорового слабоконтрастного зображення дозволяють виявити візуально невиразні на вихідних знімках області інтересу. Метод FPCA дозволяє розділити фонові складові та області інтересу.

[1] Horia F. Pop. Principal components analysis based on a fuzzy sets approach // Studia Univ. Babes¸–Bolyai, Informatica, - 2001.- Vol. XLVI, № 2. - pp. 45-52.

PROCESSING OF COLOR LOW-CONTRAST IMAGES USING MULTIVARIATE ANALYSIS METHODS

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

The work is devoted to demonstration of information possibilities of methods of multidimensional analysis at processing of color low - contrast images. .The results of experiments on the application of the methods of PCA, NC and FPCA for model data are presented.

ОГЛЯД КЛІЄНТСЬКОГО ПЗ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДО ТЕРМІНАЛЬНОГО СЕРВЕРУ

М. Шевченко, В. Герасимов, Н. Карпенко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
shevchenko_mv@ffeks.dnu.edu.ua

Будь-яка організація, в якій комп’ютери з’єднані в єдину мережу, стикається з проблемою підключення клієнтів до сервера, тобто, до віддаленого робочого столу. Цю проблему можна вирішити різноманітними способами. Існує два основні протоколи надання доступу до віддаленого комп'ютера у мережі TCP/IP з інших комп'ютерів: закритий Microsoft RDP та відкритий VNC. Усі програмні рішення так чи інакше використовують ці протоколи.

Для встановлення віддаленого доступу потрібно визначити серверне та клієнтське програмне забезпечення, які будуть використовуватись. Найпопулярнішим програмним забезпеченням (ПЗ), яке встановлюють на сервер, є наступне:

- ✓ RDP – це стандартний сервер віддаленого робочого столу Microsoft для операційних систем сімейства Windows. Використовує однойменний пропрієтарний протокол. RDP інтегрований в усі версії Windows, починаючи з 1998 року, але за допомогою цього протоколу не можна підключатися до Home випусків Windows, починаючи з XP [1].
- ✓ TightVNCServer — це кросплатформне ПЗ віддаленого доступу, реалізує VNC з розширеннями для оптимізації роботи в умовах повільних каналів передачі даних. Є сумісним зі стандартним програмним забезпеченням для VNC. Завдяки цьому

інші VNC-клієнти можуть підключатися до робочих столів, що обслуговує сервер TightVNC, і навпаки, клієнти TightVNC можуть звертатися до віддалених вузлів, які обслуговує інший сервер VNC.

- ✓ xrdp — це відкрита реалізація серверу Microsoft RDP у вільному доступі, яка дозволяє операційним системам, які відрізняються від Microsoft Windows (таким як Linux та BSD), надавати повнофункціональний RDP-сумісний віддалений робочий стіл. Підтримує обидва протоколи, як VNC, так і RDP [2]. Є сумісним з будь-якими клієнтами. Перевагою xrdp перед TightVNC є те, що це ПЗ може повноцінно керувати сесіями користувачів. Так, щоб підключитися до сесії користувача через TightVNC, треба спочатку його запустити, ввести дані користувача, і тільки потім підключатися. Xrdp вміє сам входити в систему під потрібним користувачем через віддалений доступ. Окрім цього, клієнти для rdp встановлено у Windows всіх версій та в Ubuntu, а в інших Linux-дистрибутивах їх завантаження – справа однієї команди в терміналі.

В якості серверного ПЗ можна також використовувати будь-які інші реалізації VNC, котрих через відкритість досить багато.

Програмне забезпечення для використання на стороні клієнта наступне:

- ✓ Remote Desktop Connection – для забезпечення віддаленого доступу до серверів і робочих станцій Windows;
- ✓ Remmina – це найбільш функціональний клієнт для Linux, що працює з RDP та VNC;
- ✓ будь-який VNC-клієнт. Завдяки тому, що VNC є стандартним та відкритим протоколом, то йому доступна множина повнофункціональних клієнтів – TightVNC, RealVNC, PuTTY тощо.

Окремо слід відзначити TeamViewer та AnyDesk – це комерційні рішення для віддаленого адміністрування з обмеженим безкоштовним використанням. Ці програми працюють виключно за протоколом VNC. До переваг TeamViewer та AnyDesk слід віднести наявність простого інтерфейсу та те, що вони не вимагають попереднього налаштування.

Важливим чинником під час вибору серверного та клієнтського програмного забезпечення є характеристики наявних комп’ютерів, які планується об’єднати в мережу. Оскільки характеристики комп’ютерів, що стоять в комп’ютерній лабораторії кафедри ЕОМ, досить далекі від бажаних, то для організації серверів термінального доступу було обрано два рішення: Microsoft RDP server для Windows та xrdp для Linux-сервера. Такий вибір обґрунтовано тим, що:

1) Microsoft RDP server та xrdp створюють менше навантаження на мережу та комп’ютери порівняно з VNC-рішеннями [3].
2) Microsoft RDP server та xrdp повноцінно керують сесіями користувачів, що значно спрощує адміністрування та користування системою віддаленого доступу.
3) Клієнти Microsoft RDP server та xrdp вже встановлені за замовченням на усі комп’ютери на базі операційної системи Windows (тобто усі, які є наявні на кафедрі).

Застарілі версії клієнта, що встановлено в Windows XP та Windows 7 не підтримують сучасне TLS-шифрування та не зможуть працювати з сервером xrdp. Як вихід з цієї ситуації — відключення шифрування у випадку, якщо дозволяє обстановка. У нашому випадку обстановка досить сприятлива, оскільки усі з’єднання відбуваються всередині локальної мережі на комутаторах, де атака MITM (Man in the middle – атака посередника), для захисту від якої саме використовують шифрування, неможлива.

[1] Connect to another computer using Remote Desktop Connection [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://web.archive.org/web/20130116172522/http:/windows.microsoft.com/en-GB/windows-vista/Connect-to-another-computer-using-Remote-Desktop-Connection
[2] Xrdp [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://wiki.archlinux.org/title/Xrdp
[3] Xrdp [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Xrdp

REVIEW OF THE CLIENT SOFTWARE FOR CONNECTION TO THE TERMINAL SERVER

M. Shevchenko, V. Gerasimov, N. Karpenko
Oles Honchar Dnipro National University
shevchenko_mv@ffeks.dnu.edu.ua

Any organization in which computers are connected to a single network faces the problem of connecting users to the server, in other words, to a remote desktop. This problem can be solved in various ways.

This article describes the main solutions available now for Windows and Linux systems. It also gives a selection of such solutions for the computer lab.

ОСОБЛИВОСТІ ОБРОБКИ ФІНАНСОВИХ ДОКУМЕНТІВ ПРИВАТБАНКУ

М. Дроздов, В. Хандецький, В. Герасимов
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара,
drozdov_ms@ffeks.dnu.edu.ua

Обслуговування багатоквартирного будинку — складний процес, тому компанія, яка надає дану послугу, повинна бути впевнена в правильній обробці фінансових документів.

Банк, яким користується компанія для оплати рахунків мешканцями, створює два види фінансових документів: реєстр та виписка. Реєстр створюється при оплаті мешканцем будинку через термінал, а виписка — при оплаті готівкою. Для компанії важливішим є те, що дані фінансові документи є різними типами файлів і тому вимагають різних підходів для зчитування та обробки даних.

Реєстр є текстовим документом, який складається з трьох частин: заголовку платежу, таблиці з даними мешканців, які внесли платіж, та нижнього рядку самого платежу. Заголовок та нижня частина містять спільну інформацію (дату платежу, суму всіх платежів і т.д.), а середня частина реєстру є таблицею, де вказані окремі платники.

Для видобування інформації з реєстру були використані регулярні вирази для аналізу заголовку та нижньої частини. Для аналізу середньої частини документу був використаний порядковий перебір даних, які містяться в даній таблиці.

Для коректної обробки реєстру було введено таблицю для запису інформації про реєстр та таблицю для запису платежів окремих мешканців.

Виписка являє собою dbf-файл, який містить структуровану базу даних, організовану у вигляді таблиць із записами.

Заголовок файлу dbf зберігає інформацію про відповідну базу даних, збережену в двійковому форматі. Заголовок містить таку інформацію: версія файлу, дата останнього оновлення бази даних, кількість записів (32-бітне число), довжина заголовку та поля запису, використання шифрування, опис полів бази даних у вигляді таблиці [1].

Для обробки такого файлу неможливо використовувати засоби, призначені для обробки реєстру, оскільки обробка даного файлу як текстового не є можливою внаслідок особливостей структури та кодування.

Структура dbf-файлу подана в таблиці 1.

Таблиця 1. Структура файлу dbf

Довжина поля	Призначення
32	Заголовок файлу dbf
$n\times48$	Дескриптори полів в кількості n
1	Термінальний байт CHR(13)
$m\times k$	Записи з даними (довжиною k і кількістю m)

Як видно з поданої таблиці обробка даного файлу полягає в обробці заголовку та окремих записів. Спочатку йде побітове читання файлу, далі видобування заголовку за допомогою порівняння з заданою структурою заголовку. Після видобування заголовку йде видобування окремих записів (дескрипторів). Так як їх кількість не є сталою — платежів буває деяка нестала кількість, то за допомогою даних, які були зібрані з заголовку (кількість платежів), йде циклічна обробка дескрипторів і видобуток полів, на які вказують дескриптори.

В таблиці 2 показана структура дескриптора

Таблиця 2. Структура дескрипторів

Адреса		Довжина	Призначення
0	0x00	32	Ім’я поля
32	0x20	1	Тип поля
33	0x21	1	Повна довжина поля
34	0x22	1	Число десяткових розрядів
35	0x23	2	Зарезервовано
37	0x25	1	Прапорець тегу файлу MDX
38	0x26	2	Зарезервовано
40	0x28	4	Для автоінкрементованого поля — наступне значення, для інших — 0
44	0x2C	4	Зарезервовано

Після обробки всіх даних створюється тимчасова таблиця (data table), яка заноситься у відповідну таблицю виписок бази даних.

Розроблена система задовольняє потреби фірми у додатку для обробки фінансових документів, що є необхідним при фіксуванні внесених коштів та підрахунку необхідних до сплати сум.

[1] Расширение файла DBF [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.file-extension.info/ru/format/dbf

[2] Структура DBF-файла [Електронний ресурс] Режим доступу: http://www.autopark.ru/ASBProgrammerGuide/dbfstruc.htm

FEATURES OF PROCESSING FINANCIAL DOCUMENTS OF PRIVATBANK

M. Drozdov, V. Khandetsky, V. Gerasymov
Oles Honchar Dnipro National University
drozdov_ms@ffeks.dnu.edu.ua

Flat house handling is a complex process, so company who does it needs to be sure in finance documents processing.

Company’s needs in application for finance documents processing, which is key for counting sums and fixing input money were covered by developed application.

АВТОНОМНА БЕЗДРОТОВА СИСТЕМА ДЛЯ БЕЗКОНТАКТНОГО КОНТРОЛЮ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА КОНТРОЛЮ ПРИСУТНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАШИННОГО ЗОРУ

Н. Гарафонова, Д. Чернетченко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
nadyagarafonova@gmail.com

Глобальний тренд сучасного світу – цифрова революція. Охорона здоров'я не стала винятком. Вже сьогодні мільйони людей по всьому світу активно користуються портативними електронними пристроями для моніторингу стану свого здоров'я, використовують мобільні пристрої для лікарських інтернет-консультацій чи відеоконференцій. Пандемія COVID-19 наглядно демонструє актуальність інноваційних технологій охорони здоров'я, які можуть допомогти країнам покращувати показники здоров'я населення за рахунок швидких рішень, реалізованих навіть за умов нерозвиненої інфраструктури та нестачі ресурсів.

Кожна держава розробляє свою систему відстеження заражених та потенційних носіїв вірусу. Технологічно доступні наступні варіанти: використання відеокамер зовнішнього спостереження, визначення місця проведення операцій з банківських карток, визначення траєкторії переміщення через сигнал операторів мобільного зв'язку. Технологія комп'ютерного зору (Computer Vision) допомагає обробляти дані з камер відеоспостереження і за допомогою розпізнавання осіб (Face Recognition) вдається знаходити порушників карантину або самоізоляції. Крім цього, Computer Vision виявляє коло тих, з ким контактував потенційний хворий, завдяки чому виконавчі органи можуть взяти їх під нагляд, направити до них медичних працівників [1].

У великої кількості пацієнтів коронавірус протікає безсимптомно. Серед тих, хто має симптоми, найбільш поширеними є сухий кашель, задишка, характерна сильна

втома, біль у м'язах, біль у горлі, головний біль, втрата або порушення смаку та / або запаху (характерний симптом). Найголовніший симптом – лихоманка, або підвищена температура. У побутових умовах застосовують рідинні градусники, у яких міститься спирт чи ртуть. Тому альтернативним варіантом частіше стають безконтактні інфрачервоні термометри.

Маски стали невід'ємним атрибутом пандемії, а практично всі експерти та вчені стверджують, що їх носіння зменшує ризик передачі вірусу. Якщо маска не закриває ніс або рот, або нещільно прилягає збоку обличчя, вірус може виділятися і потрапити до дихальних шляхів. В Інституті медицини при Токійському університеті було показано справжню ефективність масок, помістивши в ізольованому просторі на відстані 50 см голови манекенів з датчиками. З'ясувалося, що поглинання інфекції знижувалося при використанні на моделі матер'яної маски, що вдихає, на 17 %, хірургічної тришарової маски — на 47%. При цьому респіратор типу N95 зменшив поглинання коронавірусу приблизно на 79%. При застосуванні будь-якої з масок на моделі, що виділяла коронавірус, його поглинання іншими об’єктами зменшувалося більш ніж на 70%. Максимальні показники були отримані під час використання хірургічних масок на обох манекенах — 80%[2].

Вчені спрямовують зусилля технологій на стримування пандемії коронавірусу (COVID-19). Ситуація ускладняються випадками пацієнтів з хибнопозитивними випадками захворювання. Штучний інтелект та Big Data в даний час застосовуються для перевірки дотримання карантину, дослідження препаратів. Наприклад, використання інтелектуальних камер у Китаї і на Тайвані дозволило визначати людей, які не носять маски, а також проводити теплове сканування температури тіла людей у режимі реального часу для виявлення можливих випадків зараження. SenseTime – компанія, яка займається розробкою технологій штучного інтелекту оголосила, що її програмне забезпечення для безконтактного визначення температури було встановлено на станціях метро, в школах і громадських центрах у Пекіні, Шанхаї та Шеньчжені[3].

Головною метою проведеної роботи є створення автоматизованого програмно-апаратного комплексу для безконтактного вимірювання температури та детектування маски на обличчі при проходженні контролю. Для безконтактного вимірювання температури було обрано інфрачервоний сенсор MLX90614 компанії MELEXIS із точністю вимірювання температури у фізіологічному діапазоні людини 0,1 °C. За допомогою високочутливого датчика уловлюється інфрачервоний потік, що йде від тіла. Було показано, що тепловий сенсор фіксує всі відхилення від нормально норми 36,6 °C при вимірювання впродовж 5 секунд. Цифрова інформація перетворюється на градуси Цельсія за допомогою мікрокомп’ютерної платформи Raspberry Pi 4B (4Gb RAM) та виводиться на TFT дисплей. Значення температури об’єкта також зберігається в базі даних. Проведені дослідження показали, що ділянкою для вимірів може бути будь-яка зона голови (найкращі результати були показані на лобі), а також руки (зап'ястя). До цих областей легко отримати доступ під час проведення температурного скринінгу при проходженні контролю. При цьому людині немає необхідності роздягатися, робити зайві рухи.

Для контролю маски на обличчі людини було застосовано чутливу цифрову камеру із додатковим об’єктивом 50 мм для реєстрації відео зображення впродовж тестів. Потік даних реєструється за допомогою головного процесору, оптимізується та зберігається за допомогою стандарту MPEG4. За допомогою засобів машинного навчання із використанням Tensorflow на окремих зображеннях та інструментарію OpenCV для Raspberry Pi, було створено програмне забезпечення для детектування маски на обличчі. Попередні результати тестування показали точність розпізнавання на рівні 95% на 10 різних об’єктах.

В результаті, показано, що використання автоматизованого пристрою із стабільними показниками точності можуть значно полегшити процес автоматичного відствежування хворих у громадських місцях (напрклад, каси магазинів, метро, парковки, вхід на організацію, тощо), полегшати людський труд, та зменшити кількість додаткових контактів для тестування.

[1] Big Data против COVID-19 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.rspectr.com/articles/617/big-data-protiv-covid-19
[2] Раскрыта истинная эффективность масок [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://lenta.ru/news/2020/10/22/maska/
[3] Боротьба з COVID-19: сила штучного інтелекту та Bil Data [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.everest.ua/borotba-z-covid-19-syla-shtuchnogo-intelektu-ta-big-data/

AUTONOMOUS WIRELESS SYSTEM FOR CONTACTLESS CONTROL OF TEMPERATURE MEASUREMENT AND PRESENCE CONTROL USING MACHINE VISION

N. Harafonova, D. Chernetchenko
Oles Honchar Dnipro National University
nadyagarafonova@gmail.com

The global trend of the modern world is the digital revolution. The COVID-19 pandemic demonstrates the relevance of innovative health technologies that can help countries improve their health through rapid solutions implemented even underdeveloped infrastructure and lack of resources.

Computer Vision technology helps to process data from video surveillance cameras and with the help of face recognition (Face Recognition) it is possible to find violators of quarantine or self-isolation.

The main purpose of this work is to create an automated software and hardware complex for non-contact measurement of temperature and detection of the mask on the face during the control, which can greatly facilitate the process of automatic tracking of patients.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ PROGRESSIVE WEB APP ДЛЯ ВИКОНАННЯ РЕСУРСНОМІСТКИХ ЗАДАЧ

В. Ільїн, О. Дерев'янко, С. Пляка
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
vitalii8ilin@gmail.com, alex_di_46@ukr.net, plyaka@ffeks.dnu.edu.ua

В останнє десятиліття активно поширилися смартфони на операційних системах iOS та Android, в наш час майже кожна людина має свій власний смартфон, який надає

великий набір різних функцій, серед яких встановлення додатків. Тому бізнесу, науковцям, державі важливо бути присутніми в смартфоні кожної людини. В зв'язку з цим виникає потреба в технологіях, за допомогою яких можна реалізувати мобільні додатки. Так як мобільні пристрої працюють на різних операційних системах, для кожної з них була створена своя мова програмування, наприклад для iOS - Swift, для Android - Kotlin. З їхньою допомогою можна виконати задачі але виникає проблема: потрібно реалізовувати фактично ідентичний функціонал, використовуючи для цього різні інструменти, що в свою чергу уповільнює процес розробки та підвищує вартість. Розробники, в пошуках рішення, звернули увагу на технології, які використовуються для розробки веб-сайтів та додатків, що працюють в браузерах. Ідея полягає в використанні HTML, CSS та JavaScript для розробки мобільних програм, таких шляхом можна уніфікувати технології і не переписувати функціонал під різні ОС. Технологія PWA вирішує цю задачу, дозволяючи інсталювати веб-сайт як мобільний додаток. Проте цей підхід має свої обмеження. Нативний підхід має переваги, тому що надає більше можливостей для взаємодії з апаратною частиною. Проведене дослідження показує, як можна за допомогою WebWorker та WebAssembly компенсувати недостатню швидкодію PWA.

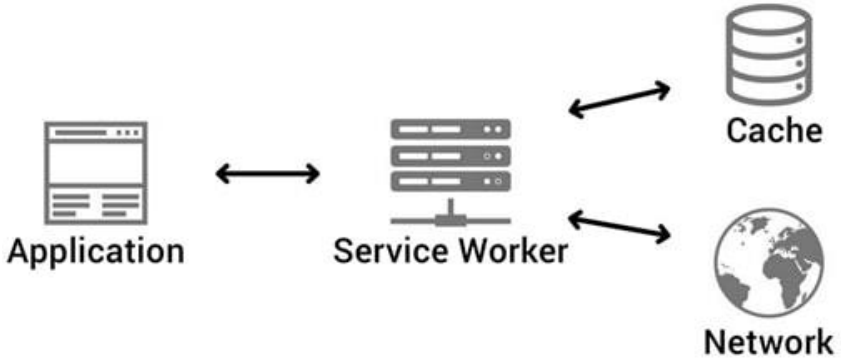


Рис. 1. Архітектура PWA

При створенні PWA для обробки зображень за допомогою JavaScript бібліотеки JIMP обрано саме такий функціонал, тому що робота із зображеннями потребує багато обчислень.

JIMP використовує двопрохідний білінійний алгоритм для зміни розмірів зображення по ширині і висоті за допомогою методу resize(). Обробка зображення - це синхронна операція, яка блокує основний потік на час свого виконання, щоб уникнути цього, використано WebWorker. Це API яке дозволяє запустити код в фоновому режимі на стороні клієнта. Протестовано декілька JPG зображень, зменшуючи розмір кожного, та отримані результати наведені в табл.1.

Таблиця 1. Результати тестування швидкості зміни розмірів зображення в PWA

Оригінальне зображення	Після обробки	Затрачений час	Алгоритм на Kotlin
5616x3744 (~52 MB)	2836x1816 (~24 MB)	2.61 сек.	2.55 сек.
3424x1236 (~38 MB)	1236x880 (~14 MB)	1.42 сек.	1.32 сек.
1920x1080 (~20 MB)	400x200 (~3 MB)	1.04 сек.	0.96 сек.

Тестування проводилося на пристрої Google Pixel 4a з наступними характеристиками:
ОС: Android, RAM 6 GB, Qualcomm Snapdragon 2 x 2.2 ГГц + 6 x 1.8 ГГц.

Отримано результат, який показує, що нативні додатки і PWA справляються з поставленою задачею за схожий час, проте PWA можено запустити на будь якій іншій ОС. Отже цілком доцільно використовувати JavaScript, WebWorkers та ServiceWorkers для розробки функціоналу, що потребує значних обчислень. При зіткнені з обмеженнями JavaScript - це не проблема, для окремих модулів можна використати WebAssembly.

[1] Офіційна документація по PWA [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://web.dev/progressive-web-apps
[2] Tal Ater. Building Progressive Web Apps. P. 20-64.
[3] Maximiliano Firtman. High Performance Mobile Web: Best Practices for Optimizing Mobile Web Apps 1st Edition. P. 74-101.

INVESTIGATING THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF PROGRESSIVE WEB APPLICATION FOR HIGH PERFORMANCE TASKS

V. Ilin, O. Derevianko, S. Plaka
Oles Honchar Dnipro National University
vitalii8ilin@gmail.com, alex_di_46@ukr.net, plyaka@ffeks.dnu.edu.ua

The report suggests using Progressive Web App instead of native app for high performance tasks. PWAs use WebWorkers to solve the performance problem. Testing shows that bilinear image resizing algorithm works almost the same in native app and PWA. This shows us that PWA can be an alternative to mobile development. This reduces application development time, cost, and provides almost the same performance. If your application requires more performance, you can use WebAssembly.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗРОБКИ ДОДАТКІВ ДЛЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ANDROID

Д. Харламов, С. Вовк
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
den4ik13121@gmail.com, vovk_s_m@ukr.net

Розробка додатків для мобільних пристроїв є одним з важливих та популярних завдань у сфері інформаційних технологій. Сьогодні в світі налічується близько 3,5 мільярда користувачів, які в основному використовують смартфони від Google Android та Apple iOS, що разом складає приблизно 99% від світового ринку мобільного зв'язку. При цьому операційна система Android домінує на світовому ринку, бо на неї припадає приблизно 71% смартфонів, які використовувалися на початку 2021 року [1]. Окрім смартфонів, операційна система Android використовується у планшетних комп’ютерах, наручних смарт-годинниках, смарт-телевізорах, приставках до телевізорів, електронних книгах, цифрових програвачах, фітнес-браслетах, ноутбуках, нетбуках, тощо.

Існує ряд технологій, за допомогою яких ведеться розробка додатків для операційної системи Android. Звичайно основною серед цих технологій є використання

мови Java разом з пакетом Android SDK, причому мова Java є офіційною мовою для розробок під операційну систему Android. Утім існує і інша офіційна мова – об'єктно-орієнтована мова Kotlin, яка також підтримується Android Studio і була оголошена компанією Google як офіційна та пріоритетна мова розробки додатків під Android. Крім цього, для розробки додатків також використовуються крос-платформні технології. Однією з таких є крос-платформна технологія Flutter – відносно нова технологія від компанії Google, яка має повноцінну систему програмування у вигляді відповідного SDK, випущеного у 2018 році, та в якій програмування ведеться мовою Dart. Також для розробки крос-платформних додатків можна програмувати мовою C#, використовуючи платформу Xamarin. Ще одним популярним крос-платформним рішенням є програмування за допомогою мов розробки веб-додатків – HTML, CSS, JavaScript (або TypeScript), використовуючи фреймворки React Native або PhoneGap (Apache Cordova).

В представленій доповіді проаналізовано ефективність використання зазначених технологій для розробки додатків, що розміщено у магазині додатків Google Play, за допомогою статистичних даних, розміщених на сайті, доступному за посиланням [2]. Також за посиланням [3] відстежено популярність мов програмування під Android серед українських програмістів, а також загальна популярність розробки для мобільних систем.

Оптимізація розробки додатків передбачає визначення оптимальної технології для розробки того чи іншого додатку, визначення критеріїв як сугубо технічних так і суб'єктивних, визначення важливості кожного з критеріїв, їх критичності. У цілому це веде до опрацювання найпопулярніших технологій розробки додатків та до виконання їх порівняльного аналізу під час розробки конкретного додатку.

Для вирішення задачі оптимізації розробки додатків під операційну систему Android запропоновано створити декілька реалізацій мобільного додатку зі звичайними основними функціями та взаємодією з операційною системою Android, використовуючи різні з обраних технологій, а саме тих, що використовують Java, Kotlin, React Native та Flutter. При цьому було визначено такі об'єктивні технічні параметри кожної реалізації розробленого додатку, як обсяг пам'яті, що займає додаток, його швидкість роботи, кількість оперативної пам'яті, яку займає додаток під час роботи, об'єм споживання додатком енергії акумулятора тощо. Також було визначено і суб'єктивні параметри, що стосуються ефективності розробки цих реалізацій, а саме документованість використовуваних технологій, легкість їх вивчення та програмування, обсяг та читабельність коду, його структура тощо.

За результатами роботи виконано оцінювання кожної з зазначених та використаних технологій, зіставлено переваги та недоліки як серед об'єктивних, так і серед суб'єктивних параметрів та чинників, визначено пріоритетність цих недоліків та переваг щодо їх критичності тощо, а також зроблено висновки щодо доцільності використання кожної з технологій для представленого додатку.

Подальша розробка даного питання є доцільною у напрямку порівняння зазначених та, можливо, інших технології для додатків різних типів. Доцільним також є розгляд крос-платформних технології під операційну систему iOs з відповідним тестуванням їх на пристроях корпорації Apple, порівняння технології для розробки додатків для цієї операційної системи й стеження за новими технологіями у сфері розробки мобільних додатків.

[1] Статистика Android vs iOS в 2021 году. Разбираем актуальные цифры и факты | Читайте на где Трафике [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://gdetraffic.com/Analitika/Android_vs_iOS

[2] The list of top Android Development tools for Android. Android app frameworks | AppBrain [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.appbrain.com/stats/libraries/tag/app-framework/android-app-frameworks
[3] Рейтинг мов програмування 2021 | DOU [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://dou.ua/lenta/articles/language-rating-jan-2021/

OPTIMIZATION OF APPLICATION DEVELOPMENT FOR ANDROID OPERATING SYSTEM

D. Kharlamov, S. Vovk
Oles Honchar Dnipro National University
den4ik13121@gmail.com

The problem of optimization of application development for the Android operating system by using different technologies is investigated. To solve this problem, it is proposed to compare the most popular technologies by writing an application for each of the selected technologies. To write variants of the application it was chosen the Java, Kotlin, React Native, and Flutter. Comparison of technologies is carried out both in terms of objective technical parameters: the amount of memory that the application occupies, its speed of operation, the amount of RAM that the application occupies during operation, the amount of battery power consumed by the application, etc, as well as by subjective parameters related to the development efficiency: documentation of the technologies used, ease of learning and programming, the volume and readability of the code, its structure, etc.

3-D МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМАХ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ МОРСЬКОЇ СЦЕНИ

А. Коваленко, О. Барабаш
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
mail@kpi.ua

Одним з способів візуалізації морської сцени (аналог морської карти) є 3-D моделювання. Даний підхід дозволяє краще відобразити положення судна, оскільки дозволяє явно візуалізувати глибину, що доволі проблематично для 2-D карт.

Розглянута далі 3-D модель буде використовуватись для візуалізації підводного простору, рельєфу дна, об’єктів морської інфраструктури, та рухомих об’єктів – надводних та підводних. Вважається, що в заданій точці на дні моря розміщується гідроакустична станція з набором чутливих елементів для реєстрації та обробки гідроакустичних сигналів. Це дозволить збирати інформацію про рухомі об’єкти, обчислювати їх швидкість, напрям руху та маршрут руху та інші параметри. Ця інформація має передаватись в центр прийому даних, в якому інформація має відображатись на екрані для подальшого прийняття обґрунтованих рішень.

Для покращення користувальницького сприйняття морської акваторії та рухомих об’єктів доцільно створити тривимірну модель в середовищі браузера, яка буде

запускатись і керуватись користувачем як веб-сайт. Сучасний розвиток браузерів та мови програмування JavaScript дозволяє доволі легко створювати подібні 3-D моделі. Для таких цілей використовується спеціальна браузерна технологія API – WebGL [1].

Технологія WebGL використовує спеціальну мову програмування шейдерів GLSL. В розглянутій 3-D моделі камера (спостерігач) вільно переміщається по сцені (карті) за допомогою пристрою введення (клавіатури). Мишкою ж користувач може змінювати кут огляду. Для задання глибини було використано матрицю глибин N*N, де кожне значення матриці виступає глибиною в метрах. Отже, змодлеювавши куб 1*1 м, як базовий об'єкт, ми можемо створити всю сцену, розмножуючи дану фігуру.

Після того як було відображено сцену та додано камеру, потрібно змоделювати підводні кораблі. Для кожного судна, з сервера будуть приходити такі дані: координати в тривимірному просторі, швидкість руху, курс руху в градусах, глибина судна. Для того, щоб відобразити рух кораблів, сервер має опитуватись кожні 0,5 с. Після отримання нових координат, корабель буде перемальовано на сцені. Обчислення координат краще проводити незалежно від запиту клієнта та зберігати результат в базі даних або використовуючи локальну пам'ять. Це обумовлено можливістю зекономити ресурси сервера, не обчислюючи координати окремо для кожного клієнтського запиту.

Карту акваторії необхідно автоматично масштабувати в залежності від глибини сцени, оскільки при великій глибині певні об'єкти можуть виходити з кута огляду камери чи бути пропущені спостерігачем [2]. При втраті з'єднання з сервером всі підводні судна на сцені не повинні зникати відразу, а відображати останній момент оновлення сигналу стосовно параметрів судна, оскільки відсутність корабля на сцені не буде означати його відсутність в реальності.

Таким чином, розвиток 3-D моделювання в браузері та використання технології WebGL дозволяє побудувати тривимірну модель візуалізації морської акваторії з відображенням рухомих об'єктів та параметрів їх руху.

[1] Оживление объектов при помощи WebGL [Електронний ресурс]. /– Режим доступу до ресурсу: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/API/WebGL_API/Tutorial/Animating_objects_with_WebGL

[2] Jessie Kennedy. A Framework for Information Visualisation / Jessie Kennedy, Kenneth J Mitchell, Peter J Barclay. – Edinburgh: Association for Computing Machinery (ACM), 1996. – 30 с. – (Volume: 25).

3-D MODELLING IN VISUALIZTION SYSTEMS FOR NAUTICAL MAPS

A. Kovalenko, O. Barabash
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
mail@kpi.ua

There of ways of sea scene (analog of a sea map) visualization a is 3-D modeling. This approach allows you to display the position of the vessel in more accurate way, as it allows you to clearly visualize the depth, which is quite problematic for 2-D maps. The following 3-D model will be used to visualize underwater space, bottom relief, marine infrastructure, and moving objects - surface and underwater. This model will be displayed in web-browser.

ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РУПОРУ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ ФУР'Є-ГОЛОГРАФІЇ

О. Дробахін, О. Олевський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
tigozavr@gmail.com

Правильний вибір параметрів антени є важливими для отримання якісних результатів за допомогою техніки фур'є-голографії у просторі частота-час. Для рупорних антен, які широко використовуються в діапазоні НВЧ, такими параметрами є довжина, переріз живлячого хвилеводу і переріз апертури. В даній роботі було розглянуто вибір оптимальних параметрів антени для випадку розміщення об'єкту у ближній зоні випромінювання.

Оскільки розподіл полів у ближній зоні в присутності відбивача є досить складним, вивчення залежності коефіцієнту відбиття системи від частоти може бути здійснено лише експериментальним шляхом. В нашому випадку для цього було проведене комп'ютерне моделювання рупорної антени з фіксованими довжиною рупору і перерізом хвилеводу, що складали 30 мм і 5.2×2.6 мм^2 відповідно. Переріз апертури антени при проведенні експерименту було задано в межах від 5.2×5.2 мм^2 до 46×46 мм^2. В якості відбивача при моделюванні було використано ідеально провідну поверхню розмірами 54×54 мм^2, що була розташована на відстані 23 мм від апертури паралельно до неї. Відстань від апертури до відбивача була обрана з метою виключення ефекту накладання піків, що може виникати внаслідок перевідбиття. Вимірювання проводились для частот від 38 до 52 ГГц з кроком 0.25 ГГц.

Для початкової оцінки відстані від апертури до відбивача був використаний стандартний метод ОДПФ. При цьому було відмічене сильне розмиття піків відбиття, що притаманно даному методу. Для покращення розрізнювальної здатності багаточастотного методу було вирішено застосувати метод Проні.

Метод Проні є відомим методом параметричного спектрального аналізу **Ошибка! Источник ссылки не найден.**. Головними перевагами даного методу є простота його алгоритму і точність оцінки комплексних частот і амплітуд для малошумливих сигналів 0. Даний метод було успішно застосовано в таких галузях, як антенна техніка, промислова електроніка, матеріалознавство, механіка та теорія сигналів. Наявність шуму з SNR < 20 дБ призводить до значних похибок в оцінці параметрів сигналу. Для обробки сигналів зі значною шумовою складовою були розроблені покращені алгоритми методу Проні. Подібні алгоритми включають в себе метод редукції псевдооберненої матриці, метод власного вектору і метод Скляра 0.

В результаті проведення роботи було отримано графіки, подібні до рис. 1. Як можна побачити з наведеного графіку, найкращий результат було отримано для антени з перерізом апертури розміру 23.3×23.3 мм. Результати обробки методом Проні дозволили оцінити відстань до відбивача як 53.28 мм, що відповідає відстані 23.28 мм від апертури.

Для оптимальної антени було проведено більш детальний аналіз, в ході якого була визначена залежність оцінки відстані до відбивача від смуги частот, що використовувалась для розрахунків. Для цього було виконане моделювання з кроком 0.025 ГГц. Після цього результат обробки було розділено на сегменти, для кожного з яких була проведена оцінка за допомогою ОДПФ та методу Проні. При цьому було визначено, що найкращі результати дає діапазон від 43.7 до 45.1 ГГц.

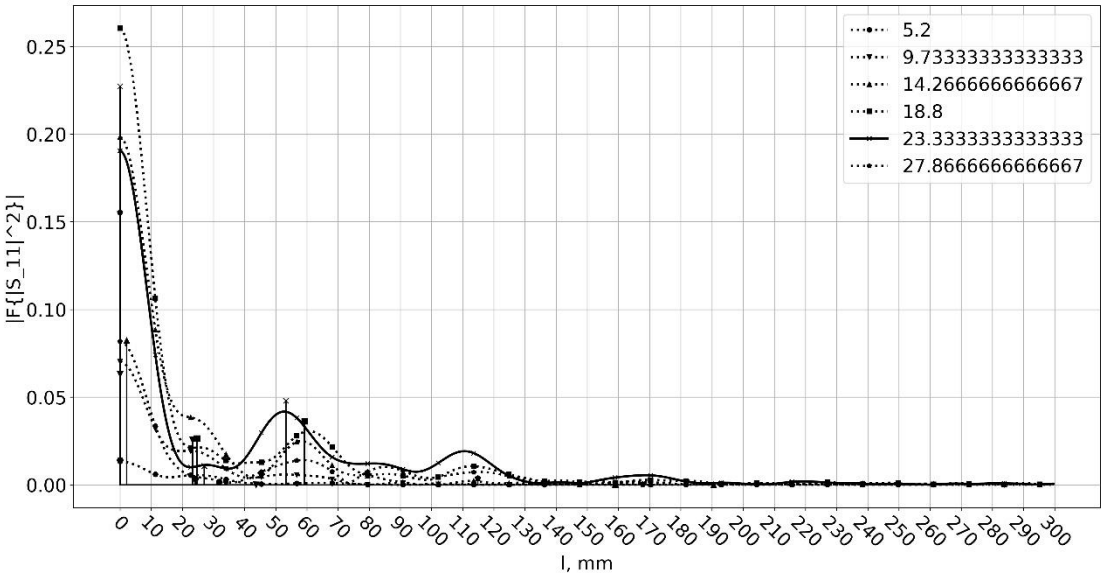


Рис. 1. Залежність модуля коефіцієнта відбиття від відстані з результатами роботи методу Проні. Лінії відповідають різним значенням довжини сторін рупору

[1] Методи комп'ютерного експерименту в радіофізиці : навчальний посібник / [М. В. Андрєєв, С. Л. Бердник, О. Б. Гниленко та ін.]. – Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. – 256 с.
[2] Марпл С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл. – М.: Мир, 1990. – 584 с.
[3] Скляр В. М. Оценивание частот суммы синусоид с использованием отбора по приращениям функии наименьших квадратов / В. М. Скляр. // Радиотехника. – 1990. – №6. – С. 50–51.

OPTIMAL HORN ANTENNA PARAMETER CHOSEN FOR THE FOURIER HOLOGRAPHY METHOD IMPLEMENTATION

O. Drobakhin, O. Olevskyi
Oles Honchar Dniepro National University
tigozavr@gmail.com

Parameters of the antenna are important for the quality of radioimage forming with the help of the Fourier holography methods. In the current paper the optimal aperture shape for the near-zone Fourier holography was researched for the horn antennas which are usually used in the microwave band. In order to improve the accuracy of the obtained distance estimations the Prony's method was used in parallel with the classic IDFT method.

The Prony's method is a parametric spectral analysis method. Its main advantages are the simplicity of implementation and precision of the parameter estimates for low-noise signals.

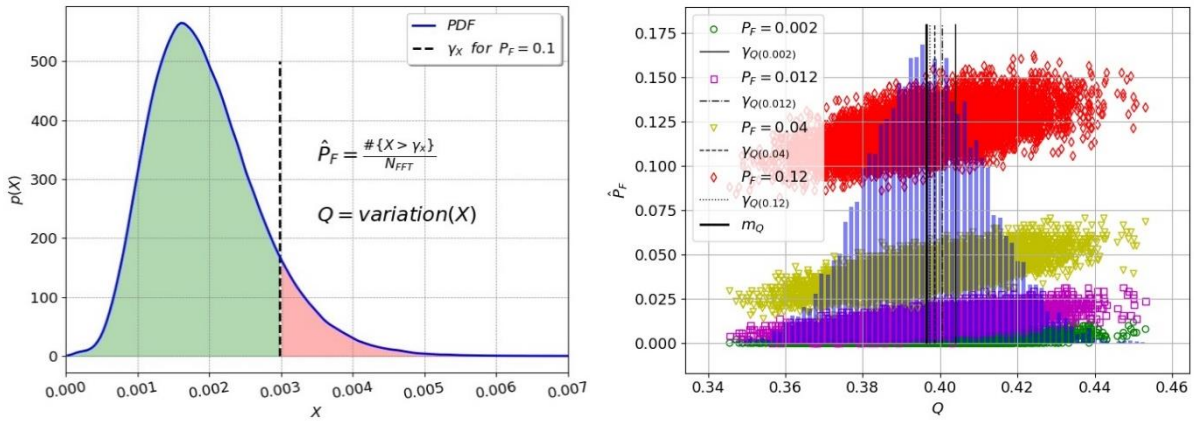
During the research the reflection coefficients for horn antennas were calculated for a frequency band of from 38 to 52 GHz with the step of 0.25 GHz. The reflector was positioned at 23 mm from the aperture. Such distance was chosen so that the reflection peaks wouldn't overlap. It was found that the best results were obtained for an aperture with the size of 23.3×23.3 mm^2. This configuration was then further tested to determine the optimal narrower frequency band if the Prony's method is used.

ПОРОГОВІ ЗНАЧЕННЯ ТЕСТОВОЇ СТАТИСТИКИ В ІТЕРАТИВНИХ АЛГОРИТМАХ АНАЛІЗУ РАДІОЧАСТОТНОГО СПЕКТРА

М. Бугайов
Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова
karunen@ukr.net

Широке використання систем когнітивного радіо стимулює розвиток методів аналізу радіочастотного спектра. У роботах [1-2] запропоновано ітеративний алгоритм виявлення зайнятих ділянок спектра із використанням коефіцієнта варіації як тестової статистики. Даний алгоритм не потребує інформації про потужність шуму, залишається стійким при широкому динамічному діапазоні сигналів, завантаженості смуги частот аналізу до 70 % та дозволяє оцінювати частотні параметри сигналів. Проте не до кінця вирішеним залишається питання встановлення залежності між ймовірністю хибної тривоги в частотній області та пороговим значенням тестової статистики в ітеративних алгоритмах аналізу радіочастотного спектра.

Методика досліджень полягала в експериментальному визначенні залежності ймовірності хибної тривоги P_F від значення тестової статистики Q. Для оцінювання енергетичного спектра використано періодограму Уелча з довжиною вікна швидкого перетворення Фур'є N_{FFT} = 1024 відліки, довжиною фрагменту дійсного шуму, що аналізується $N = 4N_{FFT}$ та перекриттям між вікнами $0{,}5N_{FFT}$. Тоді значення шумових відліків будуть підпорядковані розподілу χ^2 з 7 ступенями свободи (рис.1 а).



а) б)

Рис. 1. Розподіл щільності ймовірностей відліків періодограми Уелча для шуму (а) та залежність ймовірності хибної тривоги від значення тестової статистики (б)

Для кожної реалізації енергетичного спектра відліків шуму довжиною $0{,}5N_{FFT}$ розраховувалася емпірична ймовірність хибної тривоги $\hat{P}_F$ для заданого порогу γ_x, що відповідає необхідному значенню P_F, та відповідне їй значення тестової статистики. Значення Q розраховувалося для нормованих до енергії значень частотних відліків. На рис. 1 б наведено відповідні залежності у вигляді діаграм розсіювання, що побудовані за 10^5 реалізаціями енергетичного спектра. На дані діаграми накладено гістограму значень

тестової статистики. Порогове значення γ_Q для заданої ймовірності хибної тривоги P_F розраховується як центр мас відповідної діаграми розсіювання:

$$\gamma_Q = \sum_{i=1}^{M} \hat{P}_{Fi} Q_i \left(\sum_{i=1}^{M} \hat{P}_{Fi} \right)^{-1}. \quad (1)$$

З рис. 1 б видно, що при збільшенні P_F значення Q зменшується і наближається до свого середнього m_Q.

При наявності сигнальних відліків в енергетичному спектрі вони накладаються на деякі шумові і в результаті роботи ітеративного алгоритму будуть відкинуті. Оскільки розміщення як сигнальних так і шумових відліків на вісі частот випадкове, тому відкидання сигнальних відліків приведе до відкидання не максимальних, а випадкових за величиною шумових відліків. На рис. 2 наведено залежність середнього та середньоквадратичного відхилення значень тестової статистики Q_{random} для шуму при відкиданні випадкового за величиною відліка від номера ітерації. Використання даної залежності у поєднанні з емпіричним правилом (1) дозволить отримати вектор порогових значень тестової статистики для кожної ітерації при заданому значенні ймовірності хибної тривоги.

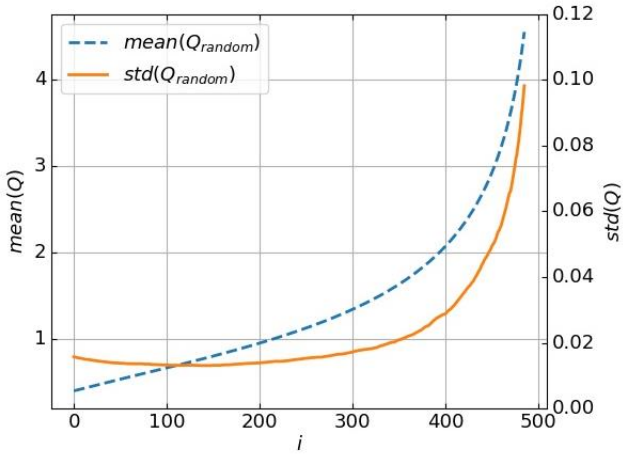


Рис. 2. Залежність статистичних характеристик тестової статистики від номера ітерації

[1] Бугайов М. В. Ітеративний метод виявлення радіосигналів на основі вирішуючих статистик // Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. Київ : КПІ. № 81. (2020). С. 11-20. doi: 10.20535/RADAP.2020. 18.11-20

[2] Buhaiov M. V. Fast spectrum sensing method for cognitive radio. Visnik NTUU KPI. Ser. Radioteh. Radioaparatobuduv. № 83. (2020). P. 41−46. doi: 10.20535/RADAP.2020.83.41-46

THRESHOLD VALUES OF TEST STATISTIC IN ITERATIVE SPECTRUM SENSING ALGORITHMS

M. Buhaiov
S. P. Korolov Zhytomyr Military institute
karunen@ukr.net

The paper considers problem of relationship between quantils of noise samples in frequency domain and test statistics for required false alarm rate. Coefficient of variation was used as test statistic. Obtained in experimental research equation allows to implement iterative spectrum sensing algorithms with constant false alarm rate.

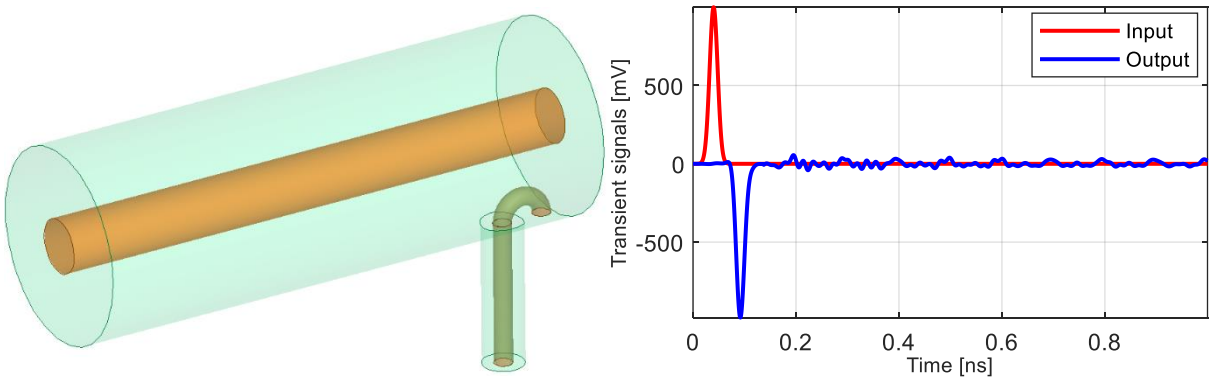
ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ПУЧКА МАТРИЦЬ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВОГО ВІДГУКУ РЕЗОНАТОРА

Д. Костик, М. Андрєєв
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dnupkr@i.ua

Використання машинного навчання дозволяє будувати фізичні моделі на основі даних, що робить цікавим цей підхід для розв'язку різних задач прикладної радіофізики. Однієї з таких задач, де машинне навчання дозволяє більш ефективно знаходити чисельний розв'язок, є аналіз резонаторів у часовій області. Існує цілий ряд методів типу FDTD [1] або DGTD [2], що дозволяють знаходити розв'язок електродинамічних задач у часовій області, однак для випадку резонаторів доводитися мати справу з довгим незатухаючим часовим відгуком. Щоб витягти інформацію з нього, не чекаючи його закінчення, може бути використаний метод пучка матриць [3].

Даний підхід був використаний для аналізу часового відгуку відбиття від коаксіального резонатора (рис. 1а). Розглядався випадок збудження резонатора гауссівським імпульсом, інформація про резонатор витягалася з відбитого часового сигналу (їх вигляд показаний на рис. 1б). Якщо ранньочасова частина відгуку відбиття визначається формою збуджуючого імпульсу, то його пізньочасова частина для резонаторів визначається повільно загасаючими коливаннями високодобротних мод резонатора. Підганяння моделі у вигляді суми зважених експонент із комплексними показниками дозволяє досягти високої ефективності машинного навчання за часовим відгуком відбиття резонатора.

Отримана в результаті такого припасування модель дозволяє виконати передбачення пізньої частини сигналу відгуку без необхідності використання для цієї мети часзатратних методів чисельної електродинаміки, що різко прискорює процес розрахунку характеристик досліджуваного резонатора. Одержувана при цьому інформація може бути представлена у вигляді характеристики відбиття резонатора в частотній області або прямо у вигляді резонансних частот аналізованого резонатора, причому із зазначенням відповідних їм добротностей, а також і коефіцієнтів зв'язку. Додаткову інформацію може дати використання ковзного варіанта методу пучка матриць із рухливим вікном малої довжини.

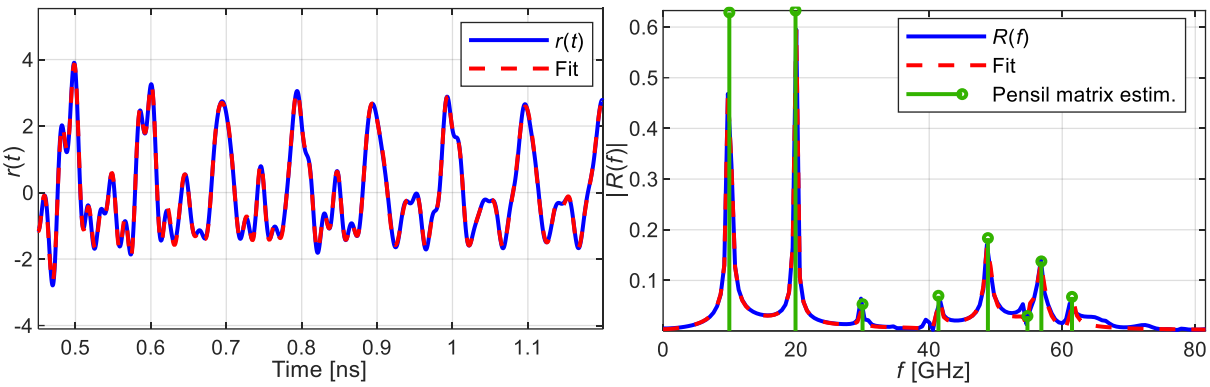


а) коаксіальний резонатор б) часові сигнали збудження і відбиття

Рис. 1. Аналізований коаксіальний резонатор (а) і часові сигнали в його вузлі зв'язку (б)

Перевагою використання методу пучка матриць для розглянутої реалізації машинного навчання є його субоптимальний характер. З однієї сторони він дозволяє вийти практично на границю Крамера-Рао, а з іншої сторони він дозволяє зробити це без затратної ітераційної оптимізаційної процедури.

Результати використання машинного навчання на основі методу пучка матриць для аналізу часового відгуку коаксіального резонатора, що має довжину 15 мм, зовнішній радіус 2.7 мм і внутрішній радіус 0.75 мм, показані на рис. 2. Для одержання цих результатів використовувався порядок моделі (число компонентів моделі), що дорівнює 15. При цьому помилка апроксимації моделлю (помилка машинного навчання) складала 0.1%. При зменшенні порядку моделі до 8 помилка збільшувалася до 1.42%.



а) аналізований часовий сигнал відбиття $r(t)$ б) представлення інформації в частотній області

Рис. 2. Часовий сигнал відбиття від резонатора з результатом його припасування методом пучка матриць (а) і їх подання в частотній області разом з оцінками методу пучка матриць (б)

Отримані результати показали високу ефективність реалізації процедури машинного навчання на основі методу пучка матриць для аналізу часового відгуку резонаторів і визначення їх резонансних частот.

[1] Taflove A. Application of the finite-difference time-domain method to sinusoidal steady-state electromagnetic-penetration problems. IEEE Transactions on electromagnetic compatibility. N. 3 (1980). P. 191-202.
[2] Gedney S. D. et al. The discontinuous Galerkin finite-element time-domain method solution of Maxwell's equations. ACES Journal-Applied Computational Electromagnetics Society. V. 24, N. 2 (2009). P. 129.
[3] Hua Y., Sarkar T. K. Matrix pencil method for estimating parameters of exponentially damped/undamped sinusoids in noise. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. V. 38, N. 5 (1990). P. 814-824.

USING MACHINE LEARNING ON BASE OF MATRIX PENCIL METHOD TO ANALYZE THE RESONATOR TIME RESPONSE

D. Kostyk, M. Andreev
Oles Honchar Dnipro National University
dnupkr@i.ua

The use of machine learning on base of matrix pencil method to analyze the resonator time response was considered. The efficiency of the considered approach was shown for a coaxial resonator. In addition to the possibility of predicting the resonator time response from its initial part, this approach allows one to determine the resonant frequencies of the resonator.

ВІДНОВЛЕННЯ ПРОФІЛЮ СТОЯЧОЇ ХВИЛІ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

О. Дробахін, В. Чучва
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
chuchva@ffeks.dnu.edu.ua

При проведенні експериментальних досліджень у НВЧ діапазоні при реалізації вимірювань за допомогою багатозондових датчиків, або рефлектометрів, ключовим є коректність інформації, яка отримується за допомогою детекторів, у якості яких зазвичай використовують НВЧ діоди. Для калібрування показань діодів застосовують розподіл нормованої напруги в НВЧ хвилеводі при наявності режиму короткого замикання.

Профіль стоячої хвилі (1) для амплітуди падаючої хвилі $U_{пад}$ = 10 мВ представлено кривою U_0 на рис. 1.

$$U = U_{пад}\sqrt{1 + |\Gamma|^2 + 2\Gamma\cos(2\beta l + \varphi)}. \quad (1)$$

Основними недоліками діодних детекторів є неповторюваність вхідного імпедансу та відхилення від ідеальної лінійності між вимірюваною потужністю та вихідною напругою детектора 0. Через нелінійність вольт-амперної характеристики діодів відновлений за результатами вимірювань профіль виміряної хвилі може мати суттєві відхилення від вірного розподілу. Для покращення точності пристроїв, що використовують діодний детектор, необхідно виконати корекцію цієї нелінійності. В даній роботі було розглянуто застосування нейронних мереж для відновлення профілю стоячої хвилі у прямокутному хвилеводі за показаннями діодного детектора.

Послідовність показань діодного детектора було отримано для моделі ідеального діода Шоклі виду (2), де у якості послідовності значень напруги на діоді U_D взято розраховану послідовність значень амплітуди повної напруги стоячої хвилі.

$$I_D = I_T\left(e^{\frac{U_D}{U_T}} - 1\right). \quad (2)$$

Крива $U_г$ на рис. 1 відповідає відновленому за показаннями діодного детектора профілю хвилі у хвилеводі для амплітуди падаючої хвилі $U_{пад}$ = 10 мВ. Як видно з рисунку, відновлений за показаннями діодного детектора профіль хвилі суттєво відрізняється від вихідного.

Відомо, що для апроксимації функцій застосовують такі нейромережеві архітектури, як багатошаровий перцептрон (мережа прямого поширення) 0 і мережа радіальних базисних функцій 0.

Багатошаровий перцептрон складається із декількох рівнів обчислювальних блоків, пов’язаних між собою за допомогою прямого зв’язку. Кожен нейрон в одному шарі має напрямлені зв’язки з нейронами наступного шару. Навчання такої мережі здійснюється за методом зворотного поширення помилки. Значення на виході порівнюються із правильним результатом для обчислення значення деякої перевизначеної функції помилки. Далі різними способами похибка повертається мережею. Використовуючи цю інформацію, алгоритм коригує ваги кожного з’єднання задля зменшення значення функції помилки на деяке невелике значення. Після

повторення цього процесу для досить великої кількості тренувальних циклів мережа зазвичай зводиться до деякого стану із малою похибкою обчислень. У даній роботі використовувалися двошарові мережі прямого поширення із тренуванням за алгоритмами Левенберга–Марквардта, баєсової регуляризації та спряжених градієнтів.

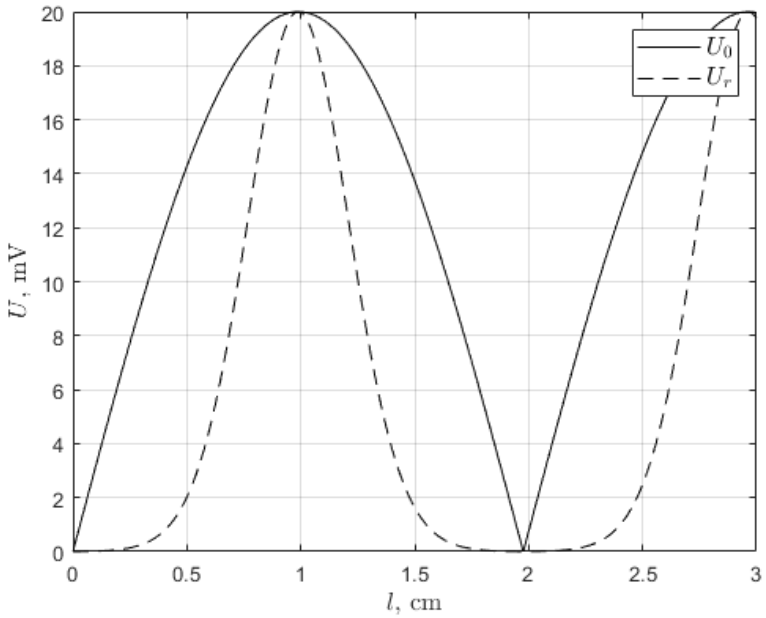


Рис. 1. Вихідний U_0 та отриманий U_r за показаннями діодного детектора розподіли амплітуди хвилі у прямокутному хвилеводі.

Мережа радіальних базисних функцій із достатньою кількістю прихованих нейронів може апроксимувати будь-яку неперервну функцію на замкненій обмеженій множині з довільною точністю. Вхід мережі можна представити як вектор дійсних чисел, а вихід є скалярною функцією вхідного вектора. Центри базисних функцій можуть бути випадково відібрані серед вхідних екземплярів або отримані в рамках ортогонального алгоритму навчання найменших квадратів, або знайдені за допомогою кластеризації зразків та вибору кластерів як центрів. Після того, як центри зафіксовані, ваги, що мінімізують похибку на виході, обчислюються за допомогою лінійного псевдооберненого розв’язку відповідного матричного рівняння, існування якого означає, що на відміну від багатошарових перцептронних мереж, мережі радіальних базисних функцій мають унікальний локальний мінімум (коли центри фіксуються). У даній роботі використовувалися звичайна радіальна базисна мережа, точна радіальна базисна мережа та узагальнена регресійна нейронна мережа.

В результаті проведення роботи для було отримано графіки, подібні до рис. 2. Тут кривою U_r представлено відновлений за допомогою узагальненої регресійної нейронної мережі профіль стоячої хвилі для амплітуди падаючої хвилі $U_{пад}$ = 10 мВ, яка показала найкращий результат (нев’язка порядку $10^{-7}\div10^{-3}$ мВ) для даного порядку значень амплітуди.

Зазначені нейронні мережі були застосовані для відновлення профілю хвилі для амплітуд порядку від 10^{-1} до 10^{2} мВ. Найкращі результати показали двошарові мережі прямого поширення із тренуванням за алгоритмами Левенберга–Марквардта та баєсової регуляризації, точна радіальна базисна мережа та узагальнена регресійна нейронна мережа на всьому діапазоні значень амплітуди напруги.

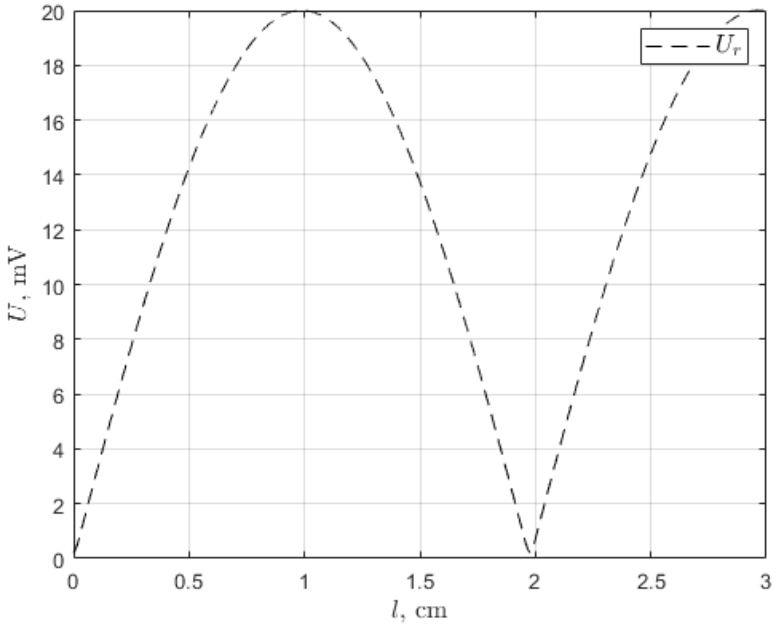


Рис. 2. Відновлений U_r за допомогою узагальненої регресійної нейронної мережі розподіл амплітуди хвилі у прямокутному хвилеводі.

[1] Andreev M.V., Borulko V.F., Drobakhin O.O. Approximate models of the inverse problem for detector characteristic. Vìsnik Dnìpropetrovs'kogo unìversitetu. Serìâ Fìzika, radìoelektronika. Vol. 25. (2017). P. 93–98.
[2] Hornik K., Stinchcombe M., White H. Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators. Neural Networks. Vol. 2. (1989). P. 359–366.
[3] Park J., Sandberg I.W. Universal Approximation Using Radial-Basis-Function Networks. Neural Computation. Vol. 3. (1991). P. 246–257.

RECONSTRUCTION OF STANDING WAVE PROFILE USING NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES

O. Drobakhin, V. Chuchva
Oles Honchar Dnipro National University
chuchva@ffeks.dnu.edu.ua

During experimental studies in the microwave range for taking measurements using multi-probe sensors, or reflectometers, the key is the correctness of the information obtained using detectors, which usually are microwave diodes. Due to the nonlinearity of the volt-ampere characteristic of the diodes, the reconstructed profile of the measured wave may have significant deviations from the correct distribution. To improve the accuracy of devices using a diode detector, it is necessary to correct this nonlinearity. In this paper, the application of neural networks to reconstruct the standing wave profile in a rectangular waveguide according to the readings of the diode detector was considered.

The best results were obtained using feed-forward neural networks with Levenberg–Marquardt's and Bayesian regularization training algorithms, exact radial basis and generalized regression neural networks.

ДВОДІАПАЗОННА АНТЕНА З СЕКТОРНОЮ ДІАГРАМОЮ НАПРАВЛЕНОСТІ ДЛЯ WI-FI МЕРЕЖ

С. Бухаров, М. Костелан
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
sergeyvbuharov@gmail.com

Сучасні мережі з радіо доступом на базі стандартів 802.11 ac/ax використовують у роботі два частотні діапазони 2.4 ГГц та 5/6 ГГц [1,2]. Для багатьох застосувань також існує необхідність у секторних антенах, спроможних працювати у двох частотних діапазонах одночасно.

Антена, що пропонується, складається з чотирьох умовних частин (рис.1,а): рамкова антена для роботи у діапазоні 2.4 ГГц, симетричні вібратори для роботи у діапазоні 5 ГГц, вузол симетрування та узгодження, екран. Живлення здійснюється коаксіальним кабелем у точці перетину ромба з вібраторами. Чисельне моделювання здійснювалося методом моментів в програмному середовищі FEKO [3]. Результати моделювання діаграм направленості показано на рис. 1,б,в.

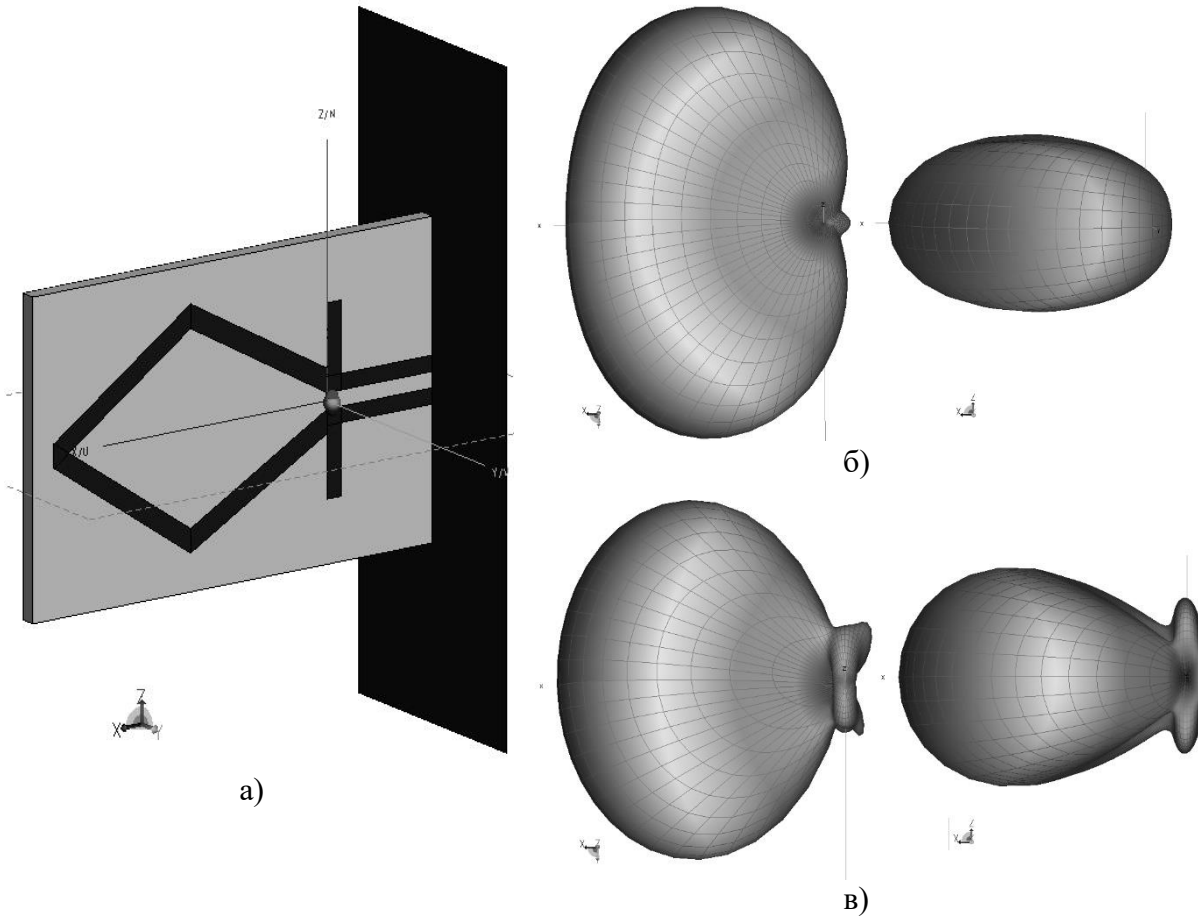
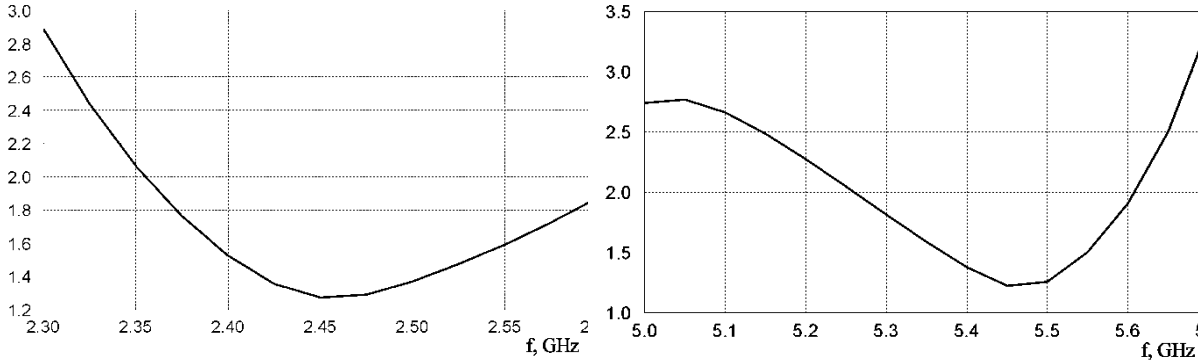


Рис. 1 Дводіапазонна антена з секторними діаграмами направленості:
а) зовнішній вигляд;
б) діаграми направленості у горизонтальній та вертикальній площинах на частоті 2.45 ГГц.;
в) діаграми направленості у горизонтальній та вертикальній площинах на частоті 5.5 ГГц.;

Коефіцієнт підсилення на частоті 2,45 ГГц складає 2.8 дБ (рис1,б), на частоті 5.5 ГГц 5.8 дБ. Ширина діаграми направленості в нижньому частотному діапазоні складає близько 120 градусів, у верхньому – близько 90 градусів. Якість узгодження з фідером живлення 50 Ом показано на рис.2



а) б)

Рис. 2 Частотні залежності коефіцієнта стоячої хвилі.

У діапазоні 2.42-2.5 ГГц КСХ менш 1.5, у діапазоні 5.3-5.6 ГГц КСХ менш 2.

Антена виконується методами фотодруку на фольгованому діелектрику. Для склотекстоліту з діелектричною проникністю близько 5 розміри полотна антени складають 50х65 мм, розміри сторони ромба 22.5 мм, розмір короткого вібратора 11 мм, відстань від короткого вібратору до екрану 15 мм. Оскільки параметри антени значною мірою залежать від параметрів діелектрику, для захвата певних смуг частот, що визначаються устаткуванням, розміри усіх елементів необхідно уточнювати.

Пропонована антена може бути виконана як окремий вузол, так і як елемент антенної решітки для підтримки технологій mimo, beamforming.

[1] IEEE 802.11, The Working Group Setting the Standards for Wireless LANs [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.ieee802.org.
[2] Wi-Fi 6 Explained: The Next Generation of Wi-Fi [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.techspot.com/article/1769-wi-fi-6-explained
[3] Банков С.Е., Курушин А.А. Расчет излучающих структур с помощью FEKO. – М., ЗАО «НПП «РОДНИК», 2008. – 246 с.

DUAL BAND SECTOR ANTENNA FOR WI-FI NETWORKS

S. Bukharov, M. Kostelan
Oles Honchar Dnipro National University
sergeyvbuharov@gmail.com

The paper presents the results of the two band sector antenna modelling. This antenna consist of loop rhombic element for work in low band and balanced dipole elements for work in high frequency band. The antenna is made of FR-4 textolite by photo printing methods. Modelling was carried out by method of moments with the FEKO environment. The results can be used to build wireless networks based on the 802.11 ac, ax standards.

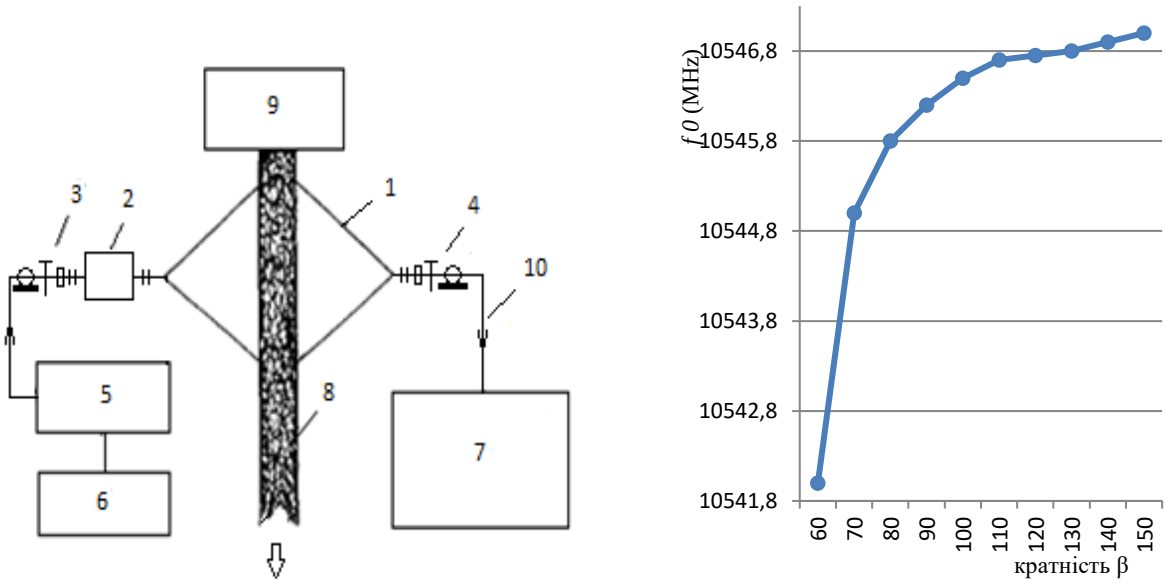
МІКРОХВИЛЬОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІННИХ ЗРАЗКІВ

А. Черв`яков, В. Магро, Л. Філінський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
leonidfil2016@gmail.com

Вимірювання кратності пінних структур у мікрохвильовому діапазоні є з одного боку важливою практичною задачею, а з іншого боку – має значні трудності при реалізації. Труднощі вимірювань пов’язані з тим, що піна є динамічною структурою. Тривалість процесу вимірювання повинна не перевищувати час стабільного існування піни [1].

У зв'язку з вищевикладеним в якості вимірювального датчика обрано біконічний резонатор з відкритими кінцями і з розташованою вздовж його осі кварцовою трубкою. Такий вимірювальний датчик успішно використовується для вимірювання матеріалів з малими втратами.

На рис. 1 представлена блок-схема вимірювальної установки, в якій резонатор включається за схемою «на прохід» і використовується стандартний метод динамічного вимірювання резонансної частоти та навантаженої добротності.



а б

Рис.1. Схема вимірювальної установки (а) та залежність резонансної частоти від кратності пінних зразків (б).

Установка складається з вимірювального хвилеводного тракту, зібраного з біконічного резонатора 1, хвилеводного вентиля 2 і коаксіальних хвилеводних перехідників 3 і 4, мікрохвильового генератора 5, пилкоподібного генератора напруги 6 і аналізатора спектра 7. Змонтована прозора кварцова трубка 8 в отворах резонатора. На вхід 8 потік піни подається від повітряно-механічного піногенератора 9, що забезпечує утворення піни в широкому діапазоні кратності (60 – 150 одиниць).

У якості піноутворюючої рідини використаний 5% розчин піноутворювача типу ПО-1 у воді. Зразки знаходились в квазістаціонарних умовах без істотної зміни геометричних розмірів бульбашок.

Електромагнітні коливання від НВЧ генератора, який модулюється пилкоподібним генератором напругою порядку 10 - 30 (В), проходять крізь коаксіальний хвилеводний перехід 3 і вентиль 2 на резонатор 1. Після цього коливання проходять крізь хвилеводно - коаксіальний перехід 4, кабель 10 до аналізатора спектру. Модуляція НВЧ-коливань здійснювалася в смузі частот 5-10 (МГц).

Резонансна крива резонатора з порожньою трубкою та резонансна крива резонатора з трубкою, заповненою піною, записувались на аналізаторі спектра, а саме значення резонансної частоти (МГц) і ширини резонансної кривої на половині потужнності (МГц).

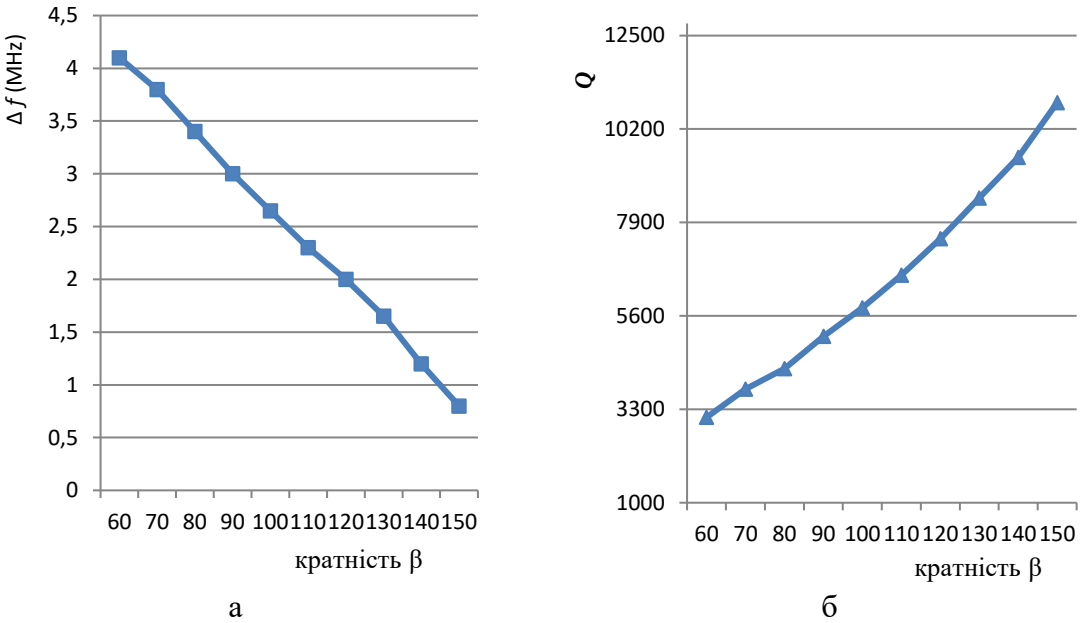


Рис.2. Залежність ширини резонансної кривої (а) та навантаженої добротності (б) від кратності пінних зразків.

Отримані результати підтверджують можливість використання біконічного резонатора для вимірювання кратності піни а також для дослідження параметрів рідких середовищ та діелектричних матеріалів у вигляді циліндричних зразків.

[1] Привалов Е.Н., Филинский Л.А. Биконический резонатор с осевой кварцевой трубкой, заполненной водной пеной // Электродинамика и физика СВЧ. - Днепропетровск, ДГУ. 1983. С. 144–147.

MICROWAVE RESEARCH OF FOAM SAMPLES

A. Chervyakov, V. Magro, L. Filins'kyy,
Oles Honchar Dnipro National University
leonidfil2016@gmail.com

The scheme of microwave measurements is reflected in the work. It is built on the basis of a biconical resonator. The results of measurements of foam samples in a wide range of multiplicity, from 60 to 150 units are presented.

ГЕНЕРАЦІЯ ТЕРАГЕРЦОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗАСОБАМИ ВКР ФОТОНІКИ

Я. Крутінь, О. Корчак, М. Рєзніков, Г. Фелінський
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
yakov.krutin@gmail.com

Проблему створення ефективного джерела випромінювання відносять до головних та не вирішених натепер завдань терагерцових технологій. Освоєння терагерцового діапазону для бездротового зв'язку потребує застосування нових фотонних систем, зокрема побудованих на 2-х напівпровідникових лазерах [1], шляхом їх поєднання із потенціалом оптико-волоконних технологій. Основний недолік традиційної схеми полягає у некогерентності сигналів, що призводить до появи на виході змішувача значних фазових шумів.

Для виправлення вищезазначеного недоліку в якості альтернативного джерела випромінювання запропонована схема ВКР лазера, зображена на рис. 1.[2,3]

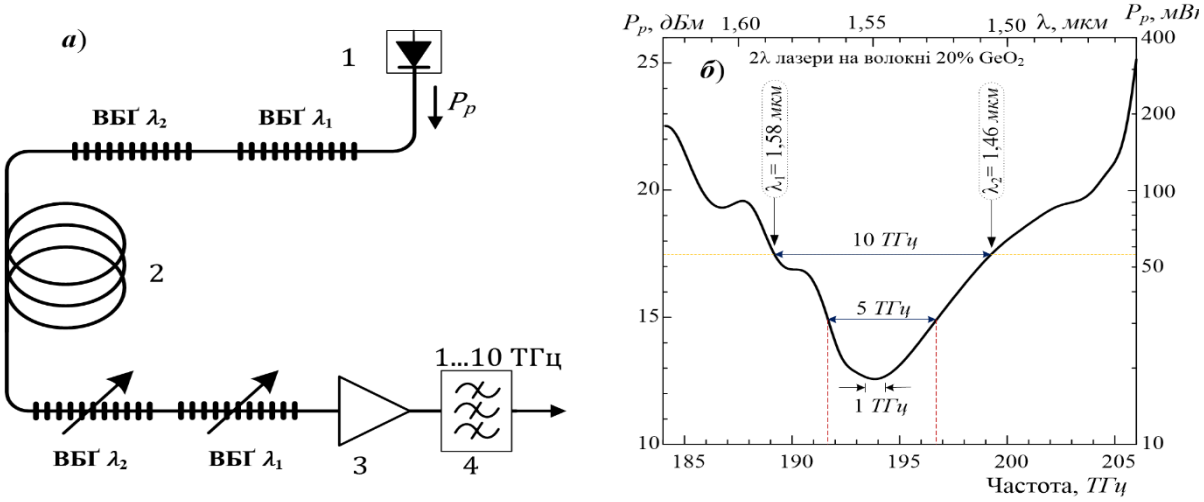


Рис. 1 *а*) Схема 2λ ВКР лазера: 1 - лазерний діод (ЛД) накачки, 2 - волокно, леговане 20% GeO_2 у серцевині; 3 – змішувач (фотодіод або фотоміксер); 4 – смуговий фільтр.
б) функція повної прозорості активного волокна, що визначає поріг генерації обох лазерів.

Для моделювання схемотехнічної реалізації ВКР лазера (Рис.1а) обрано такі початкові дані: ЛД генерує на довжині хвилі λ_p = 1450 нм, потужність накачки 100…400 мВт; довжина активного КР волокна 20% GeO_2 у серцевині складає 0,1 км ... 10 км. Розрахунок параметрів 2λ лазера (Рис.1б) проводився з використанням функції повної прозорості, яка для нашого волокна (α_s=0,5 дБ/км, g_{Rmax}=6,38 Вт$^{-1}$км$^{-1}$) має вигляд:

$$P_p^{th}(\omega) = \frac{\alpha_s}{g_R(\omega)} = P_{\min} / \varphi(\omega), \qquad P_{\min} = \alpha_s / g_{R_{\max}} = 0,018\,\text{Вт}, \tag{1}$$

де $\varphi(\omega)=0,02\exp[-0,17(\omega -34)^2]+0,04\exp[-0,04(\omega -30)^2]+0,09\exp[-0,5(\omega -24)^2)+0,2\exp[-0,2(\omega -20)^2] + 0,25 \exp[-0,6(\omega -17)^2] + 0,08\exp[-2,6(\omega -14)^2] + 0,7 \exp[-0,17(\omega -13)^2] + 0,5 \exp[-0,08(\omega -11)^2] + 0,2 \exp[-0,11(\omega -5,4)^2] + 0,09 \exp[-0,4(\omega -2,7)^2] + 0,04 \exp[-1,9(\omega -1,4)^2]$

Вхідна і вихідна бреґґівські ґратки (ВБҐ), які позначено ВБҐ$_{\lambda 1}$, формують область першого резонатора. Відповідно, вхідна і вихідна бреґґівські ґратки, які позначено ВБҐ$_{\lambda 2}$, формують область другого резонатора. За допомогою наведених співвідношень та рис.1б розраховані основні параметри 2λ ВКР лазера для генерації всього спектру терагерцового випромінювання від 1 ТГц до 10 ТГц у повністю волоконному виконанні, а числові дані відносно порогу підсилення для обох резонаторних ВБҐ наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Параметри волоконних брегівських ґраток для лазерних резонаторів та пороги підсилення двохвильового ВКР лазера для трьох частот генерації терагерцового випромінювання

№	Параметр	$f_г$ = 10 ТГц		$f_г$ = 5 ТГц		$f_г$ = 1 ТГц	
		ВБҐ$_{\lambda 1}$	***ВБҐ$_{\lambda 2}$***	***ВБҐ$_{\lambda 1}$***	***ВБҐ$_{\lambda 2}$***	***ВБҐ$_{\lambda 1}$***	***ВБҐ$_{\lambda 2}$***
1.	Довжина хвилі, мкм	1,5845	1,4624	1,5639	1,5241	1,5509	1,5421
2.	Поріг підсилення, мВт	55		31		18,7	

Таким чином, у кварцовому волокні із 20% GeO_2 у серцевині порогові потужності помпування не перевищують P_p≤55 мВт для $\lambda_р$ = 1,45 мкм, що підтверджує можливість генерації всього діапазону терагерцового випромінювання засобами ВКР фотоніки. Застосування схеми двохчастотного ВКР лазера, побудованого на одному волоконному лазері, дозволить покращити якість корисного сигналу шляхом зменшення рівня фазових шумів, зменшити порогову потужність накачки в десятки або навіть сотні разів, а це, в свою чергу, дозволить значно зменшити масо-габаритні характеристики двохвильового ВКР лазера шляхом оптимізації його конструкції.

[1] H. Shams and A. Seeds “Photonics, fiber and THz wireless communication,” Optics and Photonics News 28 (3), 24-31, 2017.
[2] Дружинін В. А., Корчак О. В., Рєзніков М. І., Фелінський Г. С., Суцільно-волоконний двохчастотний ВКР лазер для телекомунікаційних систем терагерцового діапазону. Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, 2020, вип. 80, с. 63–72. doi: 10.20535/ RADAP.2020.80.63-72.
[3] Григорук В.І., Корчак О. В., Рєзніков М. І., Фелінський Г. С., Спосіб формування терагерцового випромінювання на базі двохвильового лазера. Патент України на корисну модель № 148586, публ. 25.08.2021, Бюл. № 34.

GENERATION OF TERAHERTZ RADIATION BY RAMAN PHOTONICS TECHNIQUE

Y. Krutin, O. Korchak, M. Reznikov, G. Felinskyi
Taras Shevchenko National University of Kyiv
yakov.krutin@gmail.com

It is shown the pumping power thresholds in a silica fiber with 20% GeO_2 in the core do not exceed 55 mW for λ_p = 1.45 μm. Our modeling results confirms the possibility of the entire generation range of terahertz radiation by Raman photonics technique. The proposed scheme of a 2λ Raman laser built on singlemode fiber will improve the quality of the terahertz radiation by reducing the phase noise level, reduce the threshold power of the pump tens or even hundreds of times, and this, in turn, will significantly reduce the mass characteristics of two-wave SRS laser by optimizing its design.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРОМІНЮВАЧА ЗІ СКЛАДНИМ ПЕРЕРІЗОМ

В. Морозов, В. Магро, Є. Трахтман
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
gekan1997@mail.ua

При проектуванні хвилеводних випромінювачів інтелектуальної антенної системи одними із завдань є узгодження випромінювача з вільними простором та запобігання виникнення «ефекту осліплення». Для цього використовується діелектричне покриття над антенною решіткою. Проте для вирішення цих задач може бути запропонована конструкція інтелектуальної антенної системи зі складним перерізом. Це конструкція решітки, в якій поєднані діелектричне покриття та металева діафрагма, яка розташована на деякій відстані від апертури (рис. 1).

Розглянемо задачу дифракції електромагнітної хвилі на нескінченій хвилеводній фазованій антенній решітці, яка вкрита шаром діелектрика. При цьому на діелектричному шарі наявна металева діафрагма. Виконано дослідження сканування в Е-площині.

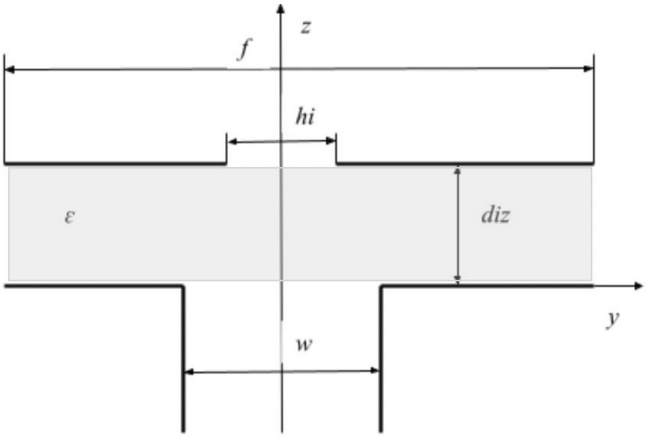


Рис. 1. Одинична комірка нескінченної хвилеводної фазованої антенної решітки

На рисунку показана одинична комірка, яка розташована на початку координат. Умовно розділимо всю область визначення електромагнітного поля на дві області:

Область 1 (хвилевод): $-\infty \le z \le 0, -w/2 \le x \le w/2$.

Область 2 (просторовий хвилевод, «канал Флоке»): $0 \le z \le \infty, -f/2 \le x \le f/2$.

На основі другої формули Гріна інтегральне представлення для напруженості електромагнітного поля області 2 має вигляд:

$$H_x^2(y,z) = -\int_{-w/2}^{w/2} G^{2di}(y,z;y',0)\frac{\partial H_x^{2di}(y',z')}{\partial z'}\perp_{z'=0} dy' + \\ + \int_{-f/2}^{-hi/2} H^{2di}(y',z')\frac{\partial G^{2di}(y,z,y',z')}{\partial z'}\perp_{z'=diz} dy' + \\ + \int_{hi/2}^{f/2} H^{2di}(y',z')\frac{\partial G^{2di}(y,z,y',z')}{\partial z'}\perp_{z'=diz} dy'. \quad (1)$$

Підставимо у вказане вище інтегральне представлення (1) вирази для напруженості магнітного поля в області 2 в діелектричному шарі та функції Гріна плоско-шаруватого заповнення області 2. Після цього використаємо «умови зшивання» полів областей 1 та 2 при $z = 0$. Таким чином, можна отримати систему рівнянь відносно невідомих напруженостей магнітного поля у областях 1 та 2.

Виконано чисельне дослідження залежності модуля коефіцієнта відбиття падаючої хвилі від синуса кута сканування для нескінченної хвилеводної фазованої антенної решітки з діелектричним покриттям в Е-площині (рис. 2).

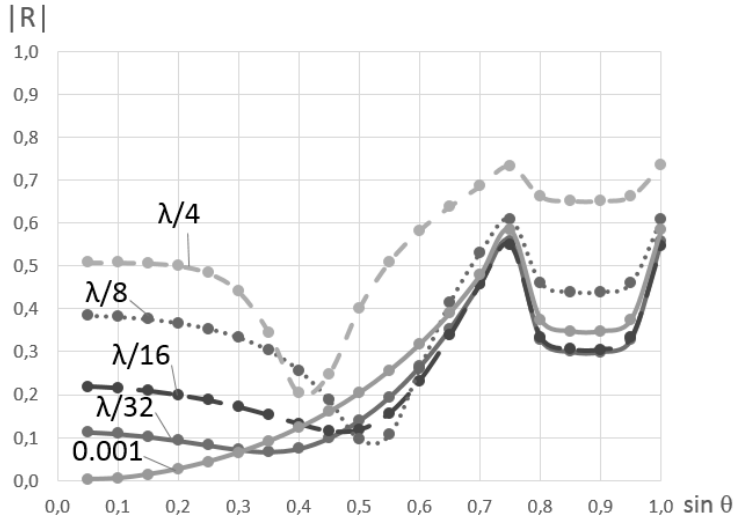


Рис. 2. Залежність значення модуля коефіцієнта відбиття від синуса кута сканування при різних товщинах шару діелектрика *diz* в Е-площині; *ε*=3,0625; *hi*=0,5714

Встановлено, що якщо до антенної решітки додати шар діелектрика товщиною $\lambda/32$, $\lambda/16$ або $\lambda/8$, то значення модуля коефіцієнта відбиття падаючої хвилі незначно зменшуються при деяких значеннях синуса кута сканування.

Досліджено сумісне використання над решіткою діелектричного шару та металевої діафрагми. Розрахунки виконані для товщини шару діелектрика $\lambda/32$, $\lambda/16$ та $\lambda/8$. Така конструкція дозволяє зменшити значення модуля коефіцієнта відбиття у певних кутах сканування порівняно з випадками без діафрагми.

INVESTIGATION OF A RADIATOR OF AN ANTENNA SYSTEM, WHICH HAS A COMPLEX CROSS-SECTIONAL SHAPE

V. Morozov, V. Magro, YE. Trakhtman
Oles Honchar Dnipro National University
gekan1997@mail.ua

The problem of diffraction of an electromagnetic wave on an infinite waveguide phased antenna array, which is covered with a dielectric layer, is considered. In this case, there is a metal diaphragm on the dielectric layer. E-plane scanning studies were performed.

A numerical study of the dependence of the modulus of the reflection coefficient of the incident wave on the scanning angle has been carried out.

КОНТРОЛЬ ВМІСТУ ВОДИ У НАФТОПРОДУКТАХ ЗА ДОПОМОГОЮ БІКОНІЧНОГО РЕЗОНАТОРА

В. Явтушенко, Д. Салтиков
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
Yavtushenko.Vladislaw @gmail.com

В роботі досліджена можливість застосування біконічних резонаторів для контроля і вимірювання діелектричної проникності рідких нафтопродуктів з помітним вологовмістом. Біконічний резонатор являє собою об'єм, обмежений двома усіченими конусам із загальною основою [1]. Досліджувана речовина вводиться в резонатор за допомогою тонкостінної діелектричної трубки, розташованої вздовж осі резонатора (рис. 1). З метою підвищення точності і чутливості вимірювань застосовувалися вісокодобротні коливання азимутально-симетричного типу H_{011}.

Метою роботи було дослідження впливу домішок води у рідких нафтопродуктах на параметри біконічного резонатора (резонансну частоту і добротність), та оцінка можливостей застосування біконічних резонаторів для виявлення і кількісного визначення вологовмісту нафтопродуктів.

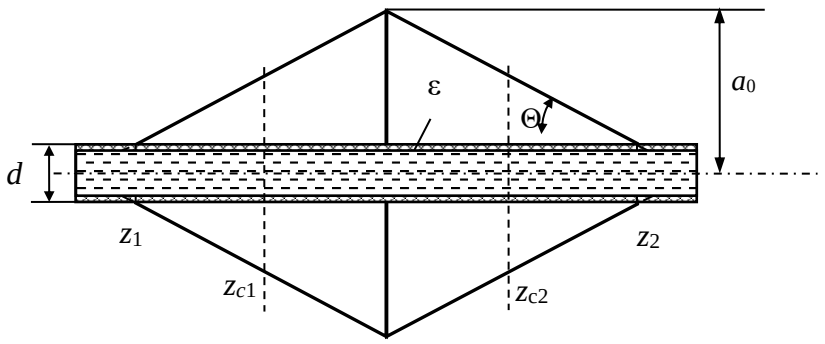
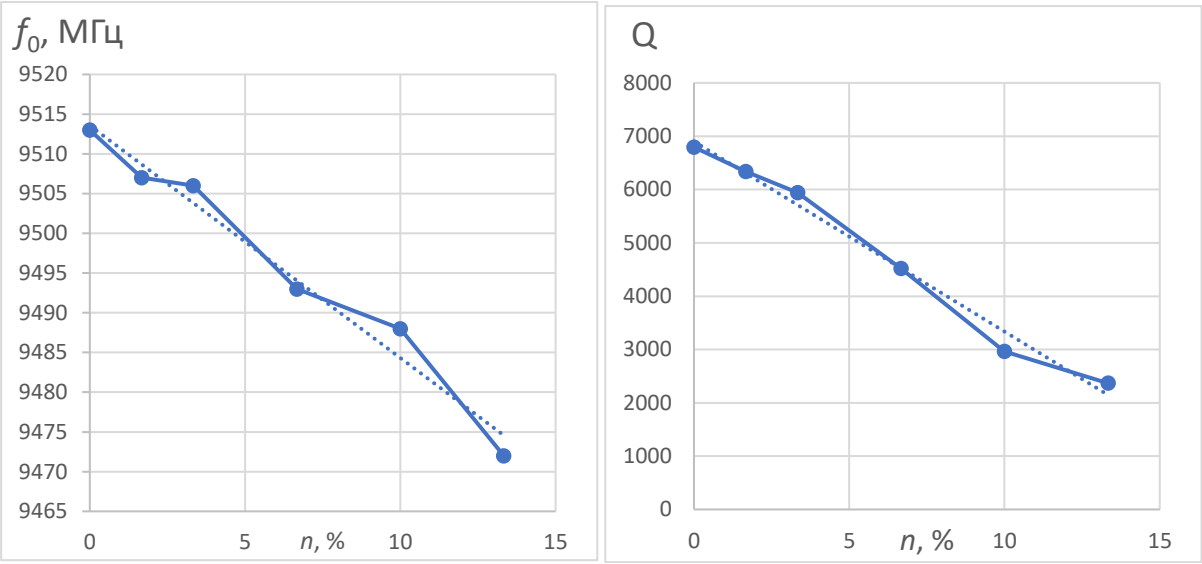


Рис. 1. Біконічний резонатор з трубкою з досліджуваною рідиною

Було проведено експериментальне дослідження характеристик біконічного резонатора у разі заповнення трубки нафтопродуктами з різною концентрацією води. Для вимірювань були застосовані надвисокочастотний генератор Г4-83, аналізатор спектра С4-27 і біконічний резонатор з найбільшим радіусом a_0 = 25,25 мм, половинним кутом у вершині конуса Θ = 30º. Резонатор підключався до зовнішнього хвилевідного тракту за схемою «на прохід», радіуси отворів зв'язку r_1 = 4,00 мм, r_2 = 3,25 мм. Для введення в резонатор досліджуваної рідини застосовувалась трубка з поліпропілену діаметром d = 6 мм, товщиною стінок 0,3 мм. Досліджувані рідини формувалися додаванням у фіксований об'єм нафтопродукту (бензину, керосину тощо) певного об'єму води з подальшим перемішуванням.

Для прикладу на рис. 2,*а* показані експериментальні залежності резонансної частоти біконічного резонатора для коливання типу H_{011} від об'ємного вмісту води n у суміші з автомобільним бензином Аі-92. У разі збільшення вмісту води з 0 до 13% частота коливання H_{011} зменшується з 9513 МГц до 9472 МГц, тобто на 41 МГц. Наявність води у суміші починає помітно впливати на резонансну частоту (~10 МГц) вже у випадку концентрації води в 1-2%. Залежність носить практично лінійний характер.



а *б*

Рис. 2. Залежність резонансної частоти (*а*) і добротності (*б*) біконічного резонатора від концентрації води *n* у бензино-водяної суміші

На рис. 2,*б* наведена залежність навантаженої добротності біконічного резонатора від процентного вмісту води у бензино-водяної суміші. Наявність води призводить до стрімкого падіння добротності, що пов'язане з великими діелектричними втратами води у НВЧ-діапазоні. У випадку 10% вмісту води у досліджуваній рідині добротність резонатора спадає більш ніж в 2 рази, з 7000 до 3000. Помітне зменшення добротності з 7000 до 6000 спостерігається вже для 3% вмісту води в суміші. З графіку видно, що в діапазоні зміни процентного вмісту води 1-15% залежність близька до лінійної.

Отже поєднуючи результати вимірювань резонансної частоти і добротності біконічного резонатора можна чітко фіксувати вміст води в бензино-водяних сумішах, навіть для величин вмісту менше 1%.

[1] Горев Н. Б. Датчики на основе СВЧ-резонаторов для систем контроля параметров органических жидкостей [Текст] / Н. Б. Горев, О. О. Дробахин, П. И. Заболотный, И. Ф. Коджеспирова, Е. Н. Привалов // Техн. механика. – 2009. – № 3. – С. 122-131.

CONTROL OF WATER CONTENT IN PETROLEUM PRODUCTS USING A BICONIC RESONATOR

V. Yavtushenko, D. Saltykov
Oles Honchar Dnipro National University
Yavtushenko.Vladislaw @gmail.com

The paper is devoted to the measurement water content in petroleum products using a biconical cavity resonator. Responses of the resonance frequency and Q-factor on water percentage were obtained.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ВІДЕОПІДСИЛЮВАЧА ЕЛЕКТРОННОГО СКАНУЮЧОГО МІКРОСКОПА РЕМ-100

С. Білічук, С. Чупира, С. Нічий, О. Мислюк, О. Грушка
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
s.chupyra@chnu.edu.ua

Растрова електронна мікроскопія є досить ефективним та інформативним методом дослідження в широкій області наукових експериментів. Тому для вітчизняних науково-дослідних установ досить актуальними є модернізація та технічне обслуговування наявних растрових електронних мікроскопів. Зокрема, у вітчизняного електронного растрового мікроскопа РЕМ-100 одним з основних слабких місць є попередній відеопідсилювач сигналу фотоелектричного помножувача (ФЕП), побудований на дискретних елементах (польових та біполярних транзисторах). Часта поломка цього підсилювача внаслідок імпульсної перенапруги на вході зумовила необхідність розробки нового підсилювача з аналогічними та поліпшеними характеристиками на сучасній елементній базі з усуненням слабких місць попередника.

Новий попередній відеопідсилювач побудований на сучасному швидкодіючому операційному підсилювачі (ОП) OPA357 [1] фірми Texas Instruments з польовими транзисторами на вході (вхідний струм становить 3пА), зі смугою одиничного підсилення 250МГц, навантажувальною здатністю до 100мА та виводом для активації роботи підсилювача. Схема розробленого підсилювача представлена на рис.1.

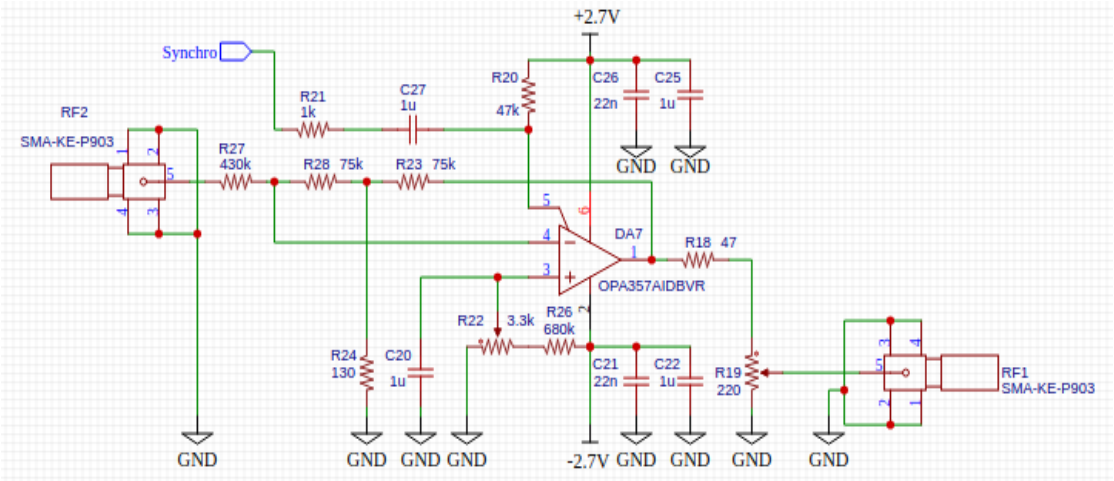


Рис.1. Схема електрична принципова вдосконаленого попереднього відеопідсилювача

Частота зрізу верхньої границі відеосигналу штатного підсилювача складає 500 кГц, тому, завдяки широкій пропускній смузі OPA357, було реалізовано коефіцієнт підсилення 100 на одному ОП, що призвело до зниження смуги пропускання ОП до 2.5МГц, однак, для забезпечення вхідного опору 430 кОм (як і у штатному підсилювачі), у інвертуючому підсилювачі на OPA357 була реалізована Т-подібна схема зворотного зв'язку [2]. На резисторах R_{22} та R_{26} реалізована схема зміщення для компенсації темнових струмів ФЕП для встановлення рівня "чорного" відеосигналу. Вивід 5 OPA357 переводить ОП у режим з високоомним виходом при нульовому потенціалі, що дало можливість легко реалізувати підмішування синхроімпульсів у відеосигнал. Для

узгодження живлення розробленого підсилювача від джерела живлення штатного приладу, була розроблена схема узгодження рівнів напруги, ключовим елементом якої є LM2776 [3] фірми Texas Instruments.

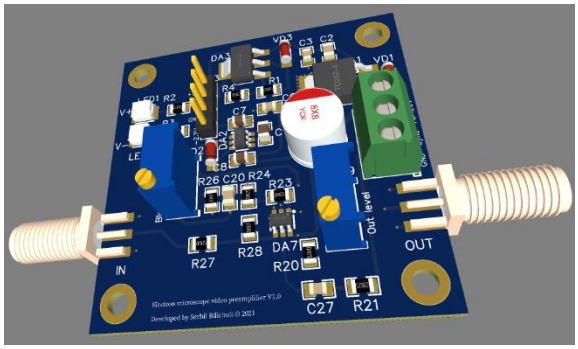


Рис. 2. Макет друкованої плати в EasdyEDA

Рис.3. Плата, змонтована в корпус штатного відеопідсилювача

Двостороння друкована плата розроблена з урахуванням особливостей високоомних та високочастотних схем, за допомогою вільного програмного забезпечення EasdyEDA. Виготовлення друкованої плати здійснювалося на виробничих потужностях PCB Prototype & PCB Fabrication Manufacturer (КНР). На рис.2 представлено макет друкованої плати, а на рис.3 - готову плату, змонтовану в корпус штатного відеопідсилювача.

[1] OPAx357 250-MHz, Rail-to-Rail I/O, CMOS Operational Amplifier With Shutdown [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/opa357.pdf?ts=1628585877860&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fstore%252Fti%252Fen%252Fp%252Fproduct%252F%253Fp%253DOPA357AIDBVR.
[2] Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. М: БИНОМ. (2014). 704 с.
[3] LM2776 Switched Capacitor Inverter [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2776.pdf?ts=1635095583710&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.fr%252F

MODERNIZATION OF THE PREVIOUS VIDEO AMPLIFIER OF THE ELECTRONIC SCANNING MICROSCOPE REM-100

S. Bilichuk, S. Chupyra, S. Nichyi, O. Mysliuk, O. Grushka
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
s.chupyra@chnu.edu.ua

Using a modern operational amplifier OPA357 (Texas Instruments) upgraded video amplifier electron scanning microscope REM-100. An achieved gain of the input video signal is 100 at the bandwidth 2.5 MHz.

The double-sided printed circuit board is developed taking into account features of high-impedance and high-frequency schemes, by means of the free EasdyEDA software.

ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИПРОМІНЮВАННЯ ІЗ Н-ПЛОЩИННОГО РУПОРА З ВБУДОВАНОЮ МЕТАЛОПЛАСТИНЧАТОЮ ЛІНЗОЮ

І. Зіненко, В. П'янков
Національний університет "Запорізька політехніка"
vppyankov@gmail.com

Одним з найбільш перспективних типів антен, які широко використовуються в діапазоні НВЧ, є рупорні антени. Ці антени мають широку частотну діапазонність, прості в конструктивному плані, надійні в експлуатації. Рупорні антени з метапопластинчатою лінзою окрім того, що використовуються як антени прийому та передачі інформації, можуть бути застосовані для вимірювання діаграм спрямованості (ДС) інших антен. Для проектування рупорних антен з металопластинчатими лінзами необхідні адекватні математичні моделі, які дозволять проводити розрахунки характеристик таких антен з достатньою точністю.

Мета даної роботи – розрахунок характеристик випромінювання та параметрів узгодження з збуджуючим хвилеводом компактної антенної симетричної структури, яка складається із Н-площинного секторіального рупора з вбудованою металопластинчатою лінзою (рис. 1), розміри яких дорівнюють декільком одиницям довжини хвилі λ. Для аналізу таких структур методи геометричної оптики та Кірхгофа-Гюйгенса неприйнятні. У даній роботі для розрахунків використовується строгий електродинамічний метод добутку областей [1].

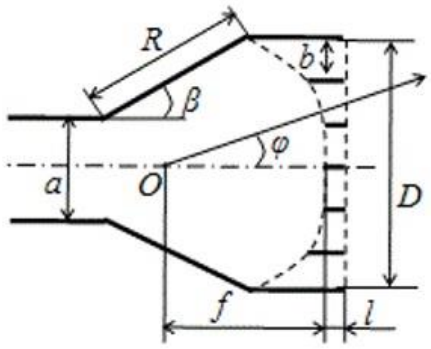


Рис. 1

На рис. 1 позначені: a – ширина збуджуючого хвилеводу, R – довжина стінок рупора, 2β – кут його розкриву, D – ширина розкриву рупора та лінзи, O – точка, в якій розташований фокус еліптичного профілю лінзи, f – фокусна відстань, b – відстань між пластинами лінзи. Точка O вибрана, як точка відліку. Пластини лінзи, стінки рупора та хвилеводу вважались нескінченно тонкими та ідеально провідними.

На рис. 2 приведена неперервною лінією розрахована нормована амплітудна діаграма спрямованості (ДС) випромінювання у дальній зоні для структури рупор з лінзою розмірами: $a = 0{,}71\lambda$; $R = 2{,}807\lambda$; $\beta = 24{,}88°$; $D = 3{,}125\lambda$; $f = 3{,}381\lambda$; $l = 0{,}5\lambda$; $b = 0{,}625\lambda$; а штриховою лінією нормована амплітудна ДС у дальній зоні для того ж рупора без лінзи. Еліптичний профіль лінзи розраховувався при коефіцієнті заломлення – 0,6. Половина ширини $\varphi_{0,1}$ головної пелюстки діаграми спрямованості випромінювання на рівні 0,1 потужності була отримана рівній $\varphi_{0,1}$=17,0° для рупора с лінзою вказаних розмірів і $\varphi_{0,1}$=23,7° для такого рупора без лінзи. При цьому значення модуля |Г| коефіцієнта відбиття отримано |Г| = 0,226 у рупора с лінзою, що значно більше ніж |Г| = 0,049 у рупора без лінзи.

На рис. 3 приведена неперервною лінією розрахована нормована амплітудна ДС випромінювання у дальній зоні для структури рупор з лінзою з більшими розмірами: $R = 4{,}920\lambda$; $\beta = 29{,}77°$; $D = 5{,}625\lambda$; $f = 6{,}085\lambda$; а штриховою лінією нормована амплітудна

ДС у дальній зоні для того ж рупора без лінзи. Інші розміри і параметри такі ж, як у першій структури. Для цього рупора з лінзою було отримано $\varphi_{0,1}$=8,9° і |Г| = 0,201, а без лінзи – $\varphi_{0,1}$=24,0° і |Г| = 0,051.

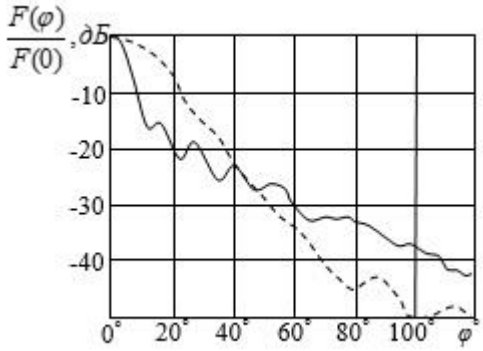


Рис. 2

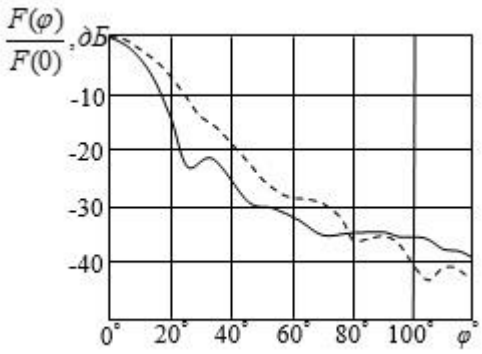


Рис. 3

Отримані розрахунки показують, що чим більше розкрив рупора тим більше виправдано залучення вбудованої металлопластінчатой лінзи для зменшення ширини головної пелюстки діаграми спрямованості випромінювання, хоча це і призводить до деякого збільшення коефіцієнта відбиття в збуджуючий хвилевід.

На завершення відзначимо, що структури "рупор з вбудованою металопластинчатою лінзою" має приблизно таке ж значення |Г|, як і структури "рупор з невбудованою лінзою" з меншими стінками рупора та вказаними розмірами лінз, але значно менше заднє випромінювання, якщо порівнювати з результатами роботи [2].

[1] Чумаченко В.П. Решение задачи дифракции волн на многоугольной цилиндрической поверхности методом произведения областей // Доклады АН УССР. – 1989. – Сер. А, № 7. – С.73-76.

[2] Пьянков В.П. Характеристики излучения Н-плоскостного рупора с металлопластинчатой линзой / В.П. Пьянков, В.П. Чумаченко // Радиотехника. – 1991. – № 3. – С.70-72.

ELECTRODYNAMIC ANALYSIS OF RADIATION FROM AN H-PLANE HORN WITH BUILT-IN METAL PLATE LENS

I. Zinenko, V. Pyankov

Zaporizhzhia Polytechnic National University

vppyankov@gmail.com

At a strict electrodynamics level, using the method of product of the regions, radiation calculations were performed from the compact antenna structure, which consists of an H-plane sector loudspeaker with a built-in metal-plate lens, the dimensions of which are equal to several units of wavelength. The obtained radiation patterns in the far zone and the coordination parameters with the excitation waveguide for a loudspeaker without a lens and with a lens are given.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ MONAIR

І. Гомілко[1,2], М. Фесенко[2,3]
[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
[2]*Noosphere Engineering School*
[3]*Інститут транспортних систем та технологій НАНУ*
gomilko@ukr.net

Стан довкілля – одне з найактуальніших питань сучасного світу. Нині його винесено на рівень державного контролю. Це має стратегічне значення для країни з погляду курсу євроінтеграції.

Державна система моніторингу навколишнього середовища – це система спостереження, збору, обробки, передачі, зберігання та аналізу інформації про стан навколишнього середовища, прогнозування її змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану навколишнього середовища та дотримання вимог екологічної безпеки.

Основними проблемами існуючої системи екологічного моніторингу є невелика кількість станцій моніторингу, які мають змогу вимірювати показники забруднення з необхідною точністю. Наприклад, по Дніпру таких станцій лише чотири. Перш за все це пов’язано з достатньо великою вартістю таких станцій.

Існуюча на даний момент досить велика мережа станцій екомоніторингу, яка створена активістами, не може вимірювати концентрації забруднюючих речовин з необхідною точністю, але окремі станції при цьому мають досить малу вартість.

Нами розроблена система автоматичного вимірювання якості атмосферного повітря яка може вимірювати показники забруднення повітря з досить великою точністю і при цьому значно дешевше існуючих аналогів.

Діапазон та похибка вимірювання параметрів, яка видає система наведені у табл. 1.

Таблиця 1 Параметри, які вимірюються створеною системою.

Параметр	Діапазон	Похибка
Температура	0 … 65 ^{0}C -20 … 0 ^{0}C -40 … -20 ^{0}C	±1.00 ^{0}C ±1.25 ^{0}C ±1.50 ^{0}C
Вологість	0 … 100 %	±3 %
Тиск	300 … 1100 кПа	±1.7 кПа
Вміст PM2.5	0 … 100 мкг/м^3 100 … 500 мкг/м^3	±10 мкг/м^3 ±10%
Вміст PM10	0 … 100 мкг/м^3 100 … 500 мкг/м^3	±10 мкг/м^3 ±10%
Вміст SO_2	0 … 2 000 ppb	±10 ppb
Вміст CO	0 … 12 500 ppb	±100 ppb
Вміст NO_2	0 … 2 000 ppb	±10 ppb
Вміст O_3	0 … 2 000 ppb	±10 ppb

Для вимірювання вмісту газових складових використовуються електрохімічні датчики термін служби яких 2 роки. Є можливість замінити будь-який електрохімічний датчик який буде вимірювати вміст H_2S.

Ядром вимірювальної системи є сучасний ARM мікроконтролер. Отримані дані зберігаються на SD карту та надсилаються до хмарного сховища за допомогою GSM або WIFI зв'язку для подальшої обробки. Керування системою відбувається за допомогою Bluetooth. Існує можливість визначення місцезнаходження станції за допомогою GPS. Живлення пристрою відбувається від постійної напруги 12 В, але можливе використання адаптера ~220 В =12 В. Також в пристрій вбудований акумулятор, який забезпечить працездатність пристрою при відсутності зовнішнього живлення на час не менший ніж 8 годин. Слід також зазначити, що розроблений пристрій відповідає ступеню захисту IP53, що дозволяє використовувати його на відкритому просторі.

Випробування роботи розробленої системи відбувалася за допомогою станцій центру екологічного моніторингу Дніпропетровської області (м. Дніпро) та ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзеєва НАМНУ» (м. Київ). Апробація роботи показала, що пристрій відповідає усім заявленим вимогам та не поступається ніяким іншим аналогічним пристроям маючи при цьому значно нижчу ціну.

AUTOMATIC AIR QUALITTY SYSTEM MONAIR

I. Gomilko[1,2], M. Fesenko[2,3]
[1]*Oles Honchar Dnipro National University*
[2]*Noosphere Engineering School*
[3]*Institute of Transport Systems and Technologies of NAS of Ukraine*
gomilko@ukr.net

An air quality assessment system has been developed. The developed system determines the presence of the following harmful inclusions: NO_2, O_3, CO, SO_2, PM2.5, PM10. In addition, the system measures temperature, humidity and pressure. Electrochemical sensors were used as the main measuring elements.

Testing of the developed system showed that the device meets all the stated requirements and is not inferior to any other similar devices.

ДОСЛІДЖЕННЯ СКІНЧЕННИХ АНТЕННИХ РЕШІТОК

М. Потапов, В. Магро
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
maks104p@gmail.com

Нині значна увага приділяється цифровому формуванню променя (цифровому діаграмоутворенню чи цифровому формуванню діаграми спрямованості антени). Це зумовлено тим, що на цифровому формуванні променя базується концепція мобільного зв'язку четвертого та п'ятого поколінь. Цифрове формування променя реалізується, як відомо, за допомогою цифрових антенних решіток, в англомовній літературі використовується термін Smart-антен або Intelligent Antenna. Одною із складових такої системи є випромінюючий пристрій. Серед різноманіття конструкцій випромінюючих пристроїв безперечну перевагу мають скінченні антенні решітки у вигляді відкритих кінців хвилеводів. Зазвичай при аналізі хвилеводних антенних решіток застосовують

модель нескінченної решітки. Проте такий підхід не враховує крайових ефектів, особливо в решітках з малою кількістю випромінюючих елементів. В скінченних решітках які застосовуються в сучасних системах зв'язку необхідно сформувати один головний промінь, який буде супроводжувати рухомого абонента. При цьому необхідно звести до мінімуму випромінювання у бічних пелюстках. Дана задача реалізується вибором розмірів хвилеводу, за допомогою різноманітних узгоджуючих пристроїв що розташовані поблизу апертури решітки. Проте в відомих літературних джерелах відсутня повна інформація стосовно скінченних хвилеводних решіток [1, 2]. Все це зумовлює актуальність даного дослідження.

Проведено розрахунок характеристик лінійних скінченних решіток, що містять три, п'ять та сім елементів. Розглянуто випадки сканування в Е- та Н-площинах (рис. 1, 2).

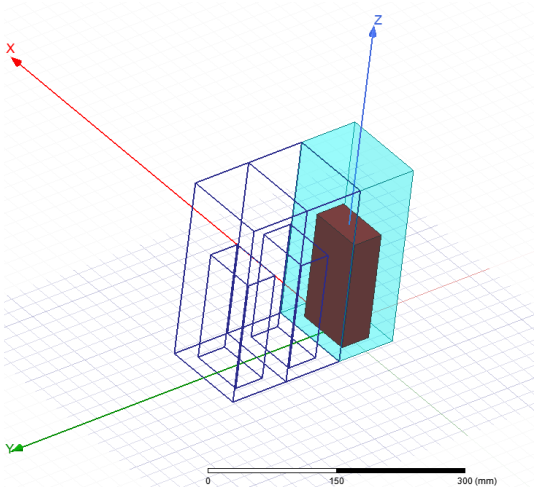


Рис. 1. Скінченна антенна решітка що сканує в Е-площині

Розрахунок антенної решітки проведено методом кінцевих елементів в тривимірній постановці, що реалізований в частотній області. для розрахунку поведінки електромагнітних полів на довільній геометрії із заданими властивостями матеріалів.

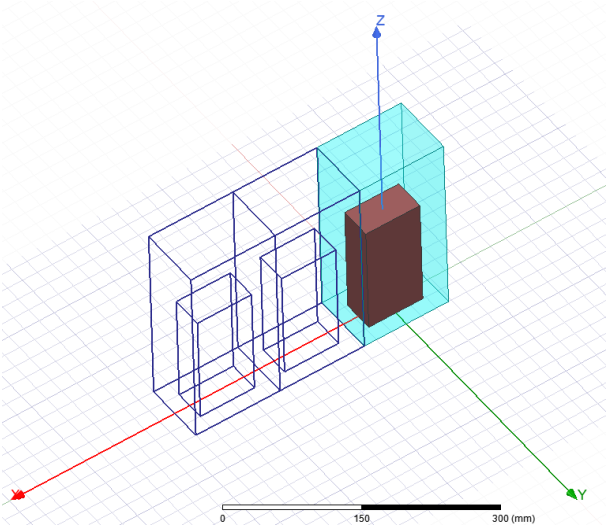


Рис. 2. Скінченна антенна решітка що сканує в Н-площині

Отримано залежності модуля коефіцієнта відбиття від кута сканування для різних розмірів хвилеводу, товщини спільної стінки та від кількості випромінюючих елементів в решітці. Досліджено крайові ефекти в скінченній решітці.

[1] Balanis C.A., Ioannides P.I. Introduction to smart antennas. New York: Morgan&Claypool. (2007). 175 p.
[2] Tomasic B., Hessel A. Analysis of finite array – a new approach. IEEE Transaction on antennas and propagations. Vol. 47. (1999). P. 555–565.

INVESTIGATION OF FINITE ANTENNA ARRAYS

M. Potapov, V. Magro
Oles Honchar Dnipro National University
maks104p@gmail.com

The problem of diffraction of an electromagnetic wave on a finite waveguide phased antenna array is considered. The calculation of the finite linear antenna arrays scanning in the E- and H-planes has been performed.

A numerical study of the dependence of the modulus of the reflection coefficient of the incident wave on the scanning angle has been carried out.

АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОЧУТЛИВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕНСОРІВ РЕЗИСТИВНОГО ТИПУ

Д. Савченко, І. Гомілко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
sava777cool@gmail.com

При досліджені різноманітних газочутливих сенсорів виникає потреба досліджувати один і той самий сенсор з різними схемами підключення, різними температурами оточуючого середовища, концентрації газів, тощо. Вимірювання показників резистивних сенсорів виконується по схемі дільника напруги, але в такій схемі є можливість підключити сенсор підключити як в верхньому плечі дільника так і в нижньому плечі. Таким чином, ми можемо отримати різні результати, які можуть дуже сильно відрізнятися один від одного.

Процес досліду сенсорів, які були відібрані, як найвідповідніші до наших вимог, складався з наступних дій:

1. Встановлення сенсора на плату вимірювального комплексу.
2. Встановлення плати в камеру реактора.
3. Подача дослідного газу необхідної концентрації в камеру.
4. Фіксування і запис отриманих даних з дослідної установки.
5. Заміна датчика.

Всі ці дії необхідно виконувати кожен раз, коли необхідно замінити схему вимірювання, замінити резистор іншого номіналу та інше.

Тож для оптимізації процесу дослідження, вимірювальний комплекс був розділений на три частини. Плату на яку монтуються сенсор з необхідними пасивними та активними компонентами (рис. 1а). Проміжна плата між процесорною і платою з сенсором, на цій платі встановлено температурний сенсор і фільтруючі елементи (рис. 1б). Та процесорна плата, яка з’єднана з попередньою гнучким дротом, ця плата

обробляє отриманні сигнали, після чого передає дані на комп'ютер для подальшої обробки (рис. 1в).

Автоматизація установки полягає в тому, що завдяки достатньо швидкому і потужному мікроконтролеру серії STM32-F103RET6, можна одночасно проводити обробку сигналів з сенсора, керувати підігрівом сенсора, слідкувати за температурою в реакторі та передавати отримані результати до комп'ютера. Для того щоб не розробляти дві схеми для дослідження сенсора, була опрацьована та використана схема з декількох польових транзисторів структури p-channel MOSFET, які забезпечують перемикання сенсора та елементів живлення. Завдяки чому можна використовувати схему підключення сенсора як в верхньому так і в нижньому плечах схеми дільника напруги на одній платі не залежно від того який саме сенсор встановлено. Також теоретична модель розрахунку, для опорного резистора дала змогу підібрати резистори, які працюють в усіх діапазонах досліджуваних сенсорів. Та з використанням схеми на транзисторах ми отримали змогу змінювати номінали резисторів не виймаючи сенсор з ректора.

Так на перший погляд складна система дала змогу досліджувати один сенсор за раз з урахуванням усіх можливих випадків в рамках одного експерименту. Це дуже сильно пришвидшило процес дослідження газочутливих властивостей сенсорів.

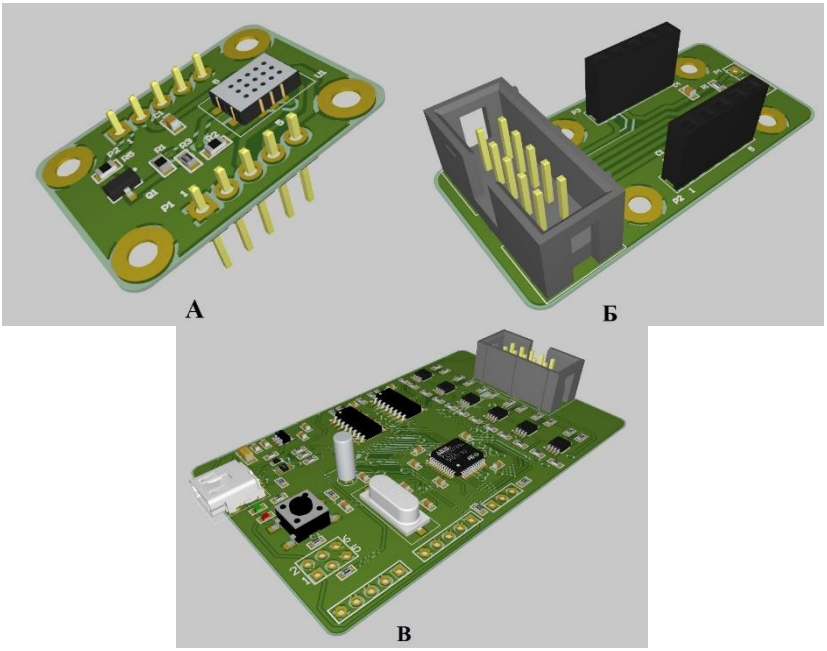


Рис. 1. Складові частини автоматизованого комплексу для дослідження газочутливих властивостей сенсорів: а - плата з сенсором, б - проміжна плата з температурним сенсором, в - процесорна плата.

AUTOMATED COMPLEX FOR RESEARCH OF GAS SENSITIVE PROPERIES OF RESISTIVE TYPE SENSORS

D. Savchenko, I. Gomilko
Oles Honchar Dnipro National University
sava777cool@gmail.com

When studying various gas-sensitive sensors, there is a need to study the same sensor with different connection schemes, different ambient temperatures, gas concentrations, and so on.

Therefore, to optimize the research process, the measuring complex was divided into three parts. The board on which the sensor is mounted with the necessary passive and active components. Intermediate board between the processor and the board with the sensor, this board has a temperature sensor and filter elements. And the processor board, which is connected to the previous board's flexible wire, processes the received signals, and then transmits the data to a computer for further processing.

РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО АДАПТИВНОГО НАЛАШТУВАННЯ АНТЕН У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

І. Прокопенко, Д. Чернетченко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ivanprokopenko567@gmail.com

Досягнення сучасної мікроелектроніки та мікроконтролерної техніки дозволили значно полегшати виконання задач автоматизації у багатьох галузях науки та техніки. Завдяки тому, що в мікроконтролері реалізували ідею об'єднати процессор, оперативну пам'ять, пам'ять постійного зберігання, а також іншу переферію в середині одного корпусу, це дозволило робити дуже енергоефективні та компактні системи керування [1].

Сьогодні мікроконтролери застосовуються зачастіше у вбудованих системах таких як станки, домашня техніка, системи автоматочниго управління, тощо. Популярністю користуються 8-бітні мікроконтролери PIC фірми Microchip Technology та AVR фірми Atmel, 16-бітові MSP430 фірми TI, а також 32-бітові мікроконтролери, архітектури ARM, яку розробляє фірма ARM Limited.

Дуже важливою та актуальною задачею в телекомунікаційних системах та мережах постає питання якості прийому та передачі сигналів. Як правило, з метою покращення якості передачі сигналу можна використовувати актуаторні системи підлаштування антени, за допомогою якої транслюється корисний сигнал. Опираючись на можливості які надає мікроконтролер, а це насамперед, швидкість роботи, точність та простота реалізації, його було обрано як головний елемент керування системою налаштування антен.

Управління антеною системою передачі даних було реалізовано за допомогою мікроконтролеру ATmega328A та програмно-апаратного модуля проектування Arduino UNO. Керування та налаштування мікроконтролерного модуля відбувається дистанційно за допомогою безпроводового модуля Wi-Fi ESP8266 та оригінального розробленого мобільного додатку для мобільних операційних систем Android та iOs. Розроблено вбудоване програмне забезпечення для головного мікроконтролеру системи на мові програмування C++.

Розроблений мобільний додаток можна розділити на два великі архітектурні блоки - це front-і back-end [2]. Відповідно до частини Front-end входять компоненти та опції програми, з якою взаємодіє користувач. В тому числі, панель вибору, дашборд,

налаштування опцій антени та відображення поточних параметрів сигналу, що передається. Back-end – це серверна частина, яка виконує функцію отримання даних, зберігання та передачі на front-end.

Wi-Fi (Wireless Fidelity) це розроблений об'єднанням WECA на базі IEEE 802.11 стандарт широкосмугової бездротової мережі. За його допомогою користувач отримує високошвидкісний доступ до пристрою зі стаціонарного ПК, смартфона або іншого переносного апарата без необхідності використання проводового з’єднання. Для забезпечення безпеки безпроводової мережі використовується WPA2 [3].

Розроблений мобільний додаток дозволяє керувати мікроконтролерним пристроєм, який в свою чергу взаємодіє з поворотною системою та направляти антени в заданому напрямку. Мікроконтролерний пристрій працює в двох режимах: ручному та автоматичному. При роботі в автоматичному режимі мікроконтролер в режимі реального часу зчитує значення потужності сигналу, та виконує калібрування за допомогою акуаторного поворотного механізму для досягнення максимальної потужності сигналу. Програмне підлаштування під сигнал відбувається за допомогою алгоритму ПІД-регулятора. Це дозволяє із максимальною точністю, швидко та стабільно підтримувати максимальний рівень прийому сигналу. Поворотний механізм антени реалізовано за допомогою системи шагових двигунів, які дозволяють налаштувати орієнтацію антени у просторових координатах.

Було показано, що реалізована мікроконтролерна система автоматизації має значні переваги перед ручним налаштуванням, оскільки використання ПІД регуляції доволяє максимально швидко реагувати на відхилення параметрів прийому-передачі сигналів в реальному часі.

[1] Что такое микроконтроллеры - назначение, устройство, софт [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://electrik.info/main/automation/549-chto-takoe-mikrokontrollery-naznachenie-ustroystvo-princip-raboty-soft.html .
[2] Что такое мобильное приложение [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.calltouch.ru/glossary/chto-takoe-mobilnoe-prilozhenie-i-zachem-ono-mozhet-potrebovatsya/ .
[3] Что такое Wi-Fi? [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://ipkey.com.ua/faq/463-what-is-wi-fi.html .

DEVELOPMENT OF A MICROCONTROLLER DEVICE FOR AUTOMATIC ADAPTIVE REAL-TIME ANTENNA TUNING

I. Prokopenko, D. Chernetchenko
Oles Honchar Dnipro National University
ivanprokopenko567@gmail.com

A microcontroller is a special microchip designed to operate various electronic devices. Microcontrollers first appeared in the same year as general-purpose microprocessors. Taking into account the capabilities provided by the microcontroller, it was chosen as the major element of controlling of the antenna tuning system.

Such a system will be controlled remotely due to a self-written mobile application and Wi-Fi technology. The mobile application will allow controlling a microcontroller device, which in turn will interact with the rotary system and direct the antennas in a given direction.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ КАНАЛІВ ПЕРЕДАЧІ БАГАТОВИМІРНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИГНАЛІВ

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

Розглядаються дискретизовані телекомунікаційні сигнали, які складаються з k їх реалізацій. Як відомо, пропускна здатність C довільного телекомунікаційного каналу передачі визначається теоремою Шеннона-Хартлі [1, 2]:

$$C = W \cdot \log_2\left(1 + \frac{S}{N_0 \cdot W}\right), \tag{1}$$

де W – ширина частотной частотної смуги пропускання каналу, S – середня потужність інформативного сигналу, N_0 – спектральна щільність канального шуму. З наведеного співвідношення випливає, що зменшення смуги частотного спектру сигналу веде до збільшення пропускної здатності каналу передачі і тим самим – до збільшення швидкості передачі даних. Звуження частотної смуги сигналу може бути реалізоване шляхом його компресії (стиснення).

У даній роботі пропонується метод збільшення максимальної швидкості передачі (пропускної здатності) багатовимірних сигналів, який базується на їх компресії.

Усі існуючі методи компресії сигналів з частковою втратою інформативності базуються на їх розкладах за повними функціональними базисами з наступним обнуленням частини коефіцієнтів розкладу. У даній роботі за критерії обнулення прийняті задане відношення енергій компресованого та первинного сигналів та задане відношення енергетичних інформаційних ентропій цих сигналів.

Багатовимірний дискретизований сигнал подано у вигляді двовимірного масиву $\mathbf{G}_{N\times k} = \left[\mathbf{X}_{N\times 1}^{(1)}, \mathbf{X}_{N\times 1}^{(2)}, \ldots, \mathbf{X}_{N\times 1}^{(k)}\right]$, де N – кількість відліків сигналу, k – кількість його реалізацій; стовпці подають відліки окремих реалізацій. Цей масив розглядаємо як конкатенацію по стовпцях k векторів $\mathbf{X}_n^{(i)}$, $i = \overline{1, k}$, з їх наступною ортогоналізацією. Далі здійснюється розклад векторів $\mathbf{X}_{N\times 1}^{(k)}$ по заданому дискретному ортонормованому базису у відповідності із загальним виразом $\mathbf{X}_{N\times 1}^{(k)} = \sum_n c_n^{(k)} \cdot \mathbf{u}_n$.

Значення індексу, починаючи з якого здійснюється обнуління коефіцієнтів наведеного розкладу $c_n^{(k)}$ визначені як розв'язок двокритеріальної оптимізаційної задачі мінімізації відношень енергії та енергетичної інформаційної ентропії скомпресованого сигналу до відповідних значень вихідного сигналу за максимального значення індексу структурної схожості у відповідності з його означення у роботі [9].

В результаті формується нова множина коефіцієнтів $\varsigma_n^{(k)}$ за якими відновлюються скомпресовані вектори $\mathbf{X}_{N\times 1}^{(i)} = \sum_n \varsigma_n^{(k)} \cdot \mathbf{u}_n$:

Показано, що пропонований метод забезпечує звуження частотного спектру скомпресованих сигналів, збільшуючи внаслідок цього пропускну здатність каналу передачі та збільшення стійкості до канального шуму. Предложенный метод реализовано

на основі низки дискретних функціональних базисів: Уолша, Хаара, Хартли, дискретного косинусного преобразования. Їх зіставлення показало найбільшу ефективність за зазначеними критеріями дискретного функціонального базису Хартлі.

Метод опробовано на cdma – сигналах за використання адресних послідовностей Уолша 1 – 64 порядків. Встановлено, що обсяг інформації, що передається, зменшується у 3 – 5 рази при збільшенні пропускної здатності каналу від 7 % до 13%. При цьому ступінь зменшення обсягу даних передачі і відповідно збільшення пропускної здатності мають тенденцію до стабілізації із підвищенням порядку адресної послідовності.

[1] Крухмалев В.В., Гордиенко В.Н., Моченов А.Д. Цифровые системы предачи. М:Горячая линия – Телеком (2007), 352 с.
[2] Климаш М.М., Пелішок В.О., Михайленич П.М. Технології безпровідного зв'язку. Львів: Львівська політехніка. (2007). 818 с.
[3] Wang Z.. Bovik A.K. Sheikh H.R.. Simoncelli E.R. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity. IEEE Transactions on Image Processing, Vol.15. (2004), P. 600-612.

BANDWIDTH OPTIMIZATION OF MULTIDIMENSIONAL TELECOMMUNICATION SIGNALS TRANSMISSION CHANNELS

V. Korchynskyj
Oles Honchar Dnipro National University
korchins50k@i.ua

A method is proposed for increasing the maximum transmission rate (throughput) of the multidimensional telecommunication signals. The method is based on the compression of such signals, optimized according to the criteria for maximizing the stored energy and energy Compression is carried out on the basis of signal expansions on full functional bases, zeroing out a part of the expansion coefficients and subsequent signal restoration.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЯКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІНИХ СИСТЕМАХ З САМОПОДІБНИМ ТРАФІКОМ

І. Козарь, В. Корчинський, О. Нагорний
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
i.kozar97@gmail.com, korchins50k@i.ua, nahornos@ukr.net

При аналізі процесів передавання транзактів у багатоканальних телекомунікаційних системах традиційно приймається, що ймовірність надходження транзакту не залежить від попереднього їх надходження (відсутність післядії), а статистичний розподіл динаміки вхідного потоку транзактів має експоненціальний характер (описується розподілом Пуассона) [1]. Така спрощена модель неадекватна реальним процесам передавання, які характеризуються наявністю довготривалої

залежності інтенсивності навантаження телекомунікаційнох системи і можуть бути описані часовими рядами с самоподібною динамікою [2].

У даній роботі пропонується метод визначення низки показників якості передачі транзактів у односерверних телекомунікаційних системах з самоподібним (фрактальним) трафіком. Основним параметром, який встановлює ступінь самоподібності будь-якого часового ряду (або її відсутності), є показник Херста, який визначаємо на основі періодограми процесу надходження транзактів

$$W(\omega) = \frac{1}{N} \cdot \left| \sum_{k=1}^{N} x(k) \cdot e^{j \cdot k \cdot \omega} \right|^2,$$

де N – кількість відліків часового ряду зі значеннями $x(k)$. Обчислювальна реалізація періодограми здійснювалася за методом Уелча [3]. Статистичні характеристики часового ряду описувалися розподілом Парето.

Показник Херста визначено як тангенс кута нахилу залежності $\log W(\omega)$ від $\log \omega$, поданої її прямою регресії.

Значення основних показників якості передачі даних (середньої довжини черги транзактів та середнього часу очікування передачі) визначалися шляхом імітаційного моделювання у середовищі системи GPSS: Встановлено, що зі збільшенням показника Херста середня довжина черги, як й середнього часу очікування передачі при фіксованій кількості серверів збільшується приблизно за експоненціальною залежністю.

Як приклад на рис. 1 подано залежність середньої довжини черги від трафіку для двосерверної телекомунікаційної системи при різних значеннях параметру Херста H (суцільна крива – H=0.6; штрих-пунктирна крива – H=0.65; штрихова крива – H=0.7).

Отримані результати добре узгоджуються з граничним випадком H=0.5 (відсутність самоподібності).

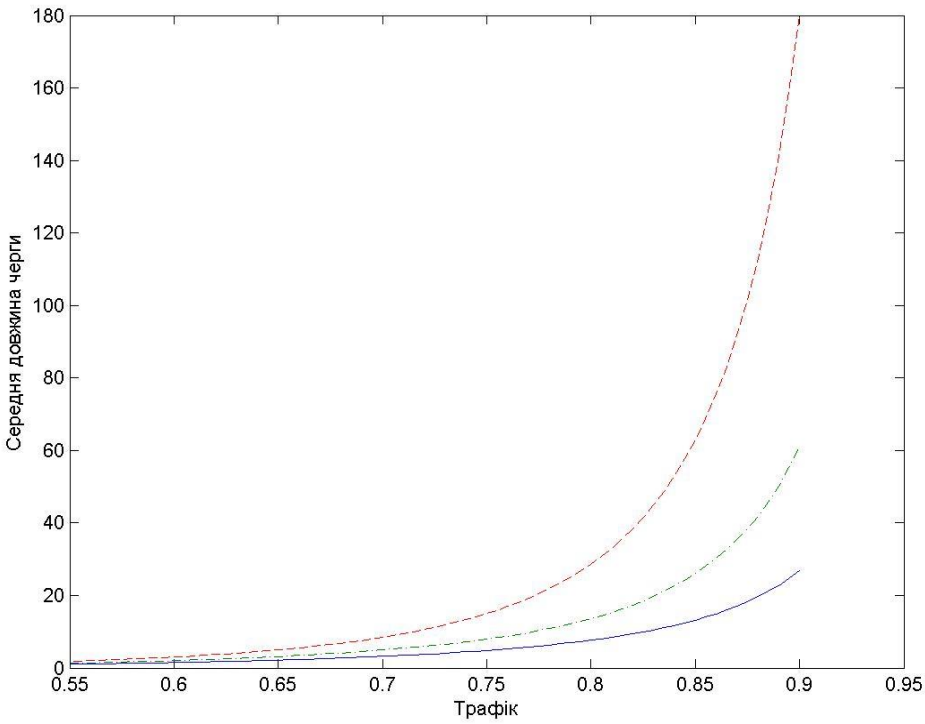


Рис.1

[1] Ложковский А.Г. Теория массового обслуживания в телекоммуникациях. Одесса: ОНАС им. А.Г.Попова (2012). 112 с.
[2] Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. Моделирование информационных систем. М.: Радиотехника (2005), 368 с.
[3] Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб: ПИТЕР (2002). 608 с.

DATA QUALITY INDICATORS IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS WITH SELF-SIMILARITY TRAFFIC

I. Kozar, V. Korchynskyj, O. Nahorny
Oles Honchar Dnipro National University
i.kozar97@gmail.com, korchins50k@i.ua, nahornos@ukr.net

A method for determining a number of indicators of the quality of transactional transmission in single-channel telecommunication systems with self-similarite traffic is proposed. The method is based on the determination of the Hurst index based on the analysis of spectrograms of time series describing the dynamics of the transaction receipt.

MODELING OF EPR SPECTRUM OF ZnSe:Cr SINGLE CRYSTALS

M. Hidulianov[1], K. Lamonova[2], S. Orel[2], N. Kovalenko[3], D. Savchenko[4], I. Ivanchenko[1], N. Popenko[1]

[1]*O. Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics, National Academy of Sciences of Ukraine*

[2]*O. O. Galkin Donetsk Institute for Physics and Engineering, National Academy of Sciences of Ukraine*

[3]*Institute for Single crystals National Academy of Sciences of Ukraine*

[4]*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute*

m.s.hidulianov@ukr.net

The work aims to study the mechanism of the EPR spectrum formation of ZnSe:Cr single crystals with Cr concentration of about $3{\cdot}10^{18}$ cm^{-3} obtained by the Bridgman method under excessive pressure of Ar. For that, a complex theoretical approach combining the semi-empirical Modified Crystal Field Theory (MCFT) [1] and the DFT plane-wave computational QUANTUM ESPRESSO code have been applied.

The EPR measurements were performed using the Bruker ELEXSYS EPR E580 spectrometer with ER 4122 SHQE SuperX High-Q cavity in the X-band (~9.4 GHz) within a temperature range from 5 up to 150 K. The EPR spectra were simulated using the EasySpin 5.2.28 software package [2]. It was observed that the EPR spectra (Fig. 1*a*) consist of an intense lines sextet with g ~ 2.005 and A ~ 6.5 mT due to hyperfine interaction with ^{55}Mn nuclei (I = 5/2) caused by the Mn^{2+} ions along with a broad line with a line-width of about 20 mT. The latter changes its position and the intensity of magnetic resonance when temperature decreases. At 5 K, the additional lines appear in the EPR spectrum of ZnSe:Cr. At the same time, we may assign the broad line to the FMR.

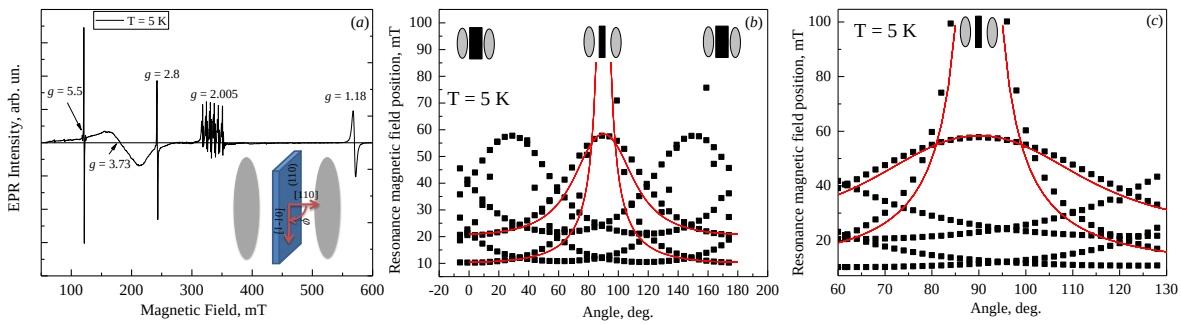


Fig. 1. The EPR spectrum in the ZnSe:Cr sample (B || [110]) obtained at T = 5 K (*a*); the angular dependences measured at T = 5 K (0 ≤ φ 180°) (*b*); the resonance magnetic field position of the observed EPR lines near φ = 90° (*c*).

The red solid line at the Fig. 1*b* and Fig. 1*c* shows the results of the EPR spectra simulation of Cr^{2+} ion (S = 2, I = 3/2) in ZnSe according to the literature data. The results of modeling the EPR spectrum of the Cr^{2+} ion (S = 2, I = 3/2) in ZnSe gives the following spin Hamiltonian parameters: $g_{\perp}$ = 1.98, $g_{\parallel}$ = 1.961, D = -2.48 cm^{-1}, a = 0.02 cm^{-1}. The symmetry of the center was taken as D_{2d}. Thus, the lines appeared in the EPR spectrum at 5 K should be related to Cr^{2+} ions in ZnSe.

During doping, the chromium ions, as a rule, substitute the Zn^{2+} ions and are located in tetrahedral positions formed by Se^{2-}. The well-resolved symmetric lines with g = 5.5, g = 2.8

and g = 1.18 appear in the EPR spectrum at 5 K (Fig. 1*a*). To test the assumption about the nature of the signal origin at g = 3.73, we calculated and graphed in Fig. 2*c* their integral and inverse intensities depending on the temperature. Fig. 2*c* (insert) demonstrates three linear portions with different slopes. Thus, there are three active magnetic subsystems (Cr, Fe, and Mn), each of them gives its specific contribution to the EPR spectrum.

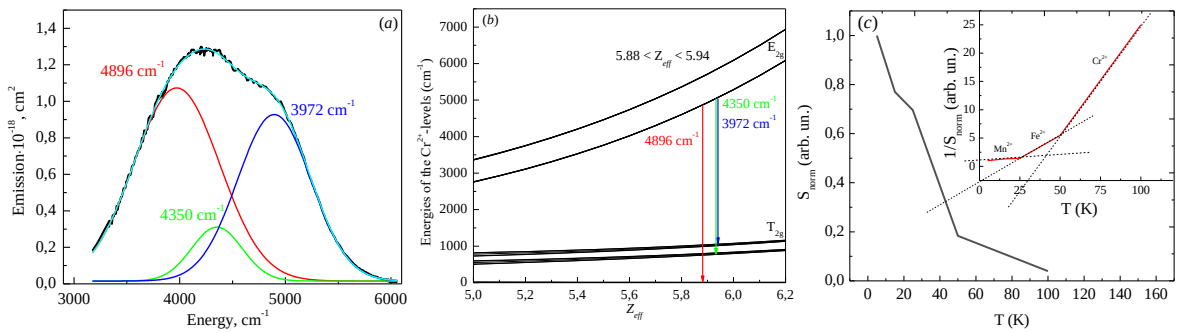


Fig. 2. (*a*) Decomposition of Cr luminescence spectrum (*b*) The MCFT calculations of the electron levels of Cr^{2+}, which is located in the tetrahedral [$CrSe_4$] complex. The ^5D term splitting due to the low-symmetry distortions caused by Cr doping depending on Z_{eff}. (*c*) The temperature dependence of the line intensity calculated as a square under the curve.

To calculate g-factors of the Cr^{2+} ions located in the [$CrSe_4$] tetrahedral coordination complex by the MCFT, we need to define the value of Z_{eff} for Cr^{2+} in the sample. For this purpose, we used the luminescence spectrum obtained from the ZnSe:Cr sample under test (Fig. 2*a*). Since Cr^{2+} is a $3d^4$ ion with the ground ^5D term, it is reasonable to decompose the luminescence spectrum using only three lines. That's because the ^5D splits into a doublet and triplet ($^5D \rightarrow {}^5T_2 + {}^5E$) by a cubic crystal field. We calculated the energy levels of the [$CrSe_4$] coordination complex depending on Z_{eff} (Fig. 2*b*). It was revealed that the transitions from E_{2g} to T_1, T_2 and T_3 occurs in the range of $5.88 < Z_{eff} < 5.94$.

Using the MCFT and coordinates of the [$Cr^{2+}Se_4$] coordination complex, we found that the experimental series of g-factors can be reached if the Q_3 = 0.023 Å. Thus, the EPR signals with g = 5.5, g = 3.73, g = 2.8, and g = 1.18 originate from the Cr^{2+} ion being in tetrahedral coordination complex, which experiences predominantly rhombic (Jahn-Teller) distortions of the Q_3-type. In addition, the signal with g = 3.73 formed by the Fe^{2+} ions is located in the tetrahedral [$FeSe_4$] coordination complex.

The six manganese lines appear in the centre of the EPR spectrum and correspond to Mn^{2+} ions replacing the Zn ions in the tetrahedral positions. Given that the ionic radius of Mn^{2+} in four-fold coordination is slightly more than Zn^{2+} has, Mn^{2+} undergoes weak pressure from Se ions. As a result, the tetrahedral field enhances and causes a deviation of the experimental g-factor value of Mn^{2+} (g_{exp} ~ 2.005) from the g-factor for a free electron. The results of the MCFT calculations based on geometry optimization data coincide with the experimental value g_{calc} = 2.005 at Z_{eff} = 5.6175. At that the [MnO_4] complex distortions are $Q_1 = 5\cdot10^{-5}$ Å, $Q_2 = 3\cdot10^{-5}$ Å, and $Q_3 = 2\cdot10^{-5}$ Å.

[1] K. V. Lamonova, S. M. Orel, Yu. G. Pashkevich, Modified Crystal Field Theory and its Applications, Kyiv: Akademperiodyka, 2019, — 226 pages.

[2] Stoll S. and Schweiger A. EasySpin, a compre-hensive software package for spectral simulation and analysis in EPR. *J. Magn. Reson*. 2006. 178, No 1. P. 42–55.

ELECTRICAL PROPERTIES OF Ga_2O_3 FILM DEPOSITED ON Si POROUS SUBSTRATE

M. Derhachov[1], V. Moiseienko[1], O. Sushko[1], V. Kidalov[2], I. Jankowska-Sumara[3]

[1]Oles Honchar Dnipro National University
[2]Berdyansk State Pedagogical University
[3]Faculty of Mathematics, Physics, and Technical Sciences, Pedagogical University of Cracow, Polska
derhachov_mp@dnu.dp.ua

The scope of gallium oxide (Ga_2O_3) thin films and nanostructures is very broad: from applying in high-temperature sensors, luminescent phosphors, and lithium batteries up to using in solar cell as antireflection coating.

The120 nm Ga_2O_3 thin films were deposited on Si-porous substrates by rf magnetron sputtering from a high-purity Ga_2O_3 powder in an argon-oxygen atmosphere, with the following thermal annealing at 1173 K in an air-resistance furnace for two hours. The admittance spectra were obtained within a 20 Hz – 2 MHz frequency region by changing temperature from 313 K to 623 K. The measurements were carried out in a dark chamber employing Agilent 4980A LCR meter.

The results were analyzed by using electrical equivalent scheme, composed of two series elements. The first was a parallel combination of resistance (R_1) and capacitance (C). It was used to model processes responsible for charge transfer inside grains (bulk) of Ga_2O_3. The second part of the electrical equivalent scheme consisted of a parallel combination of resistance (R_2) and fractal capacity (CPE) (fig. 1). The CPE impedance was given by the equation $Z_{CPE} = Q^{-1}\times(j\omega)^{-\alpha}$ where Q was the CPE element capacitance of the and α showed the degree of deviation with respect to the "pure" capacitor. The second part of the scheme represented the grain boundary region.

The values of all fitted parameters are listed in Table 1. The electrical conductivity was calculated from the obtained fitting resistance values within a 483 K – 523 K range, and its dependence of the reciprocal temperature can be well described by the Arrhenius relation $\sigma\times T = A\times\exp(-E_a/k_BT)$ where E_a is a charge mobility activation energy (fig. 2). This testifies the existence of activated conduction mechanism and allow us to estimate the values of E_a as equal to 0.58 eV for grain (bulk) processes and 0.78 eV for the grain boundary processes. The first value is quite correlated with literature data for bulk gallium oxide crystal.

Table 1. The values of fitted parameters at different temperatures

T (K)	R_1 (Ω)	C (F)	R_2 (Ω)	Q (F)	α
483	3.95×10^5	1.63×10^{-9}	6.53×10^6	3.22×10^{-9}	0.7550
493	1.89×10^5	1.02×10^{-9}	2.80×10^6	3.86×10^{-9}	0.7490
503	1.58×10^5	9.31×10^{-10}	9.36×10^5	3.36×10^{-9}	0.7419
513	6.03×10^4	7.35×10^{-10}	6.76×10^5	5.80×10^{-9}	0.7616
523	3.60×10^4	5.12×10^{-10}	2.39×10^5	8.87×10^{-9}	0.7383

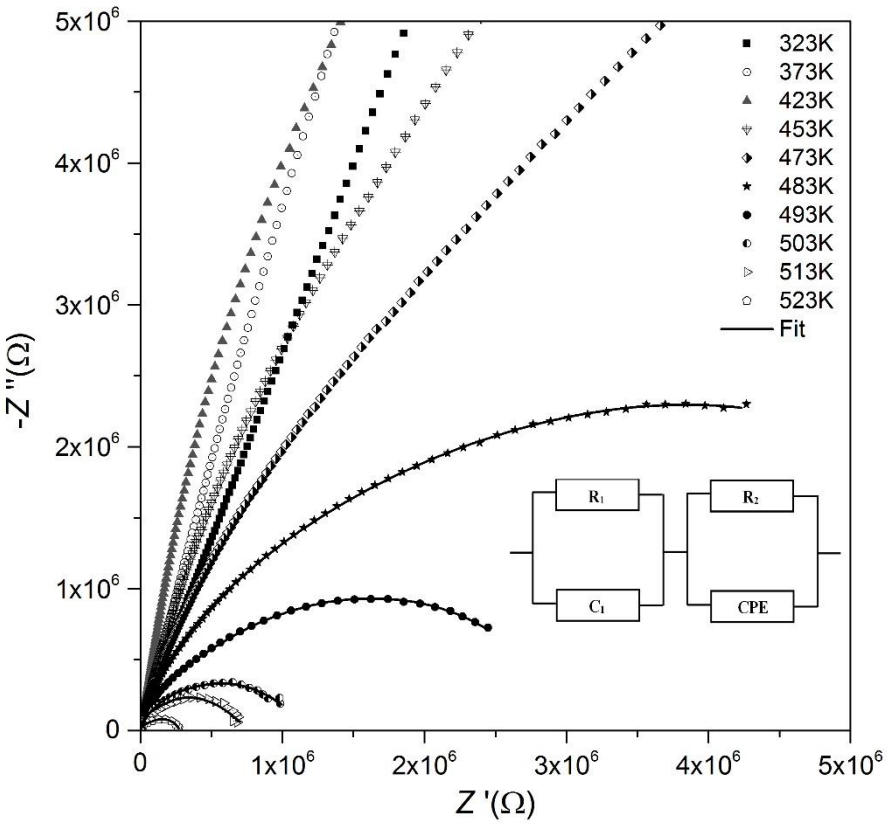


Fig. 1. Nyquist plots as a function of temperature of annealed Ga_2O_3 film deposited on Si-porous substrate (inset electrical equivalent scheme)

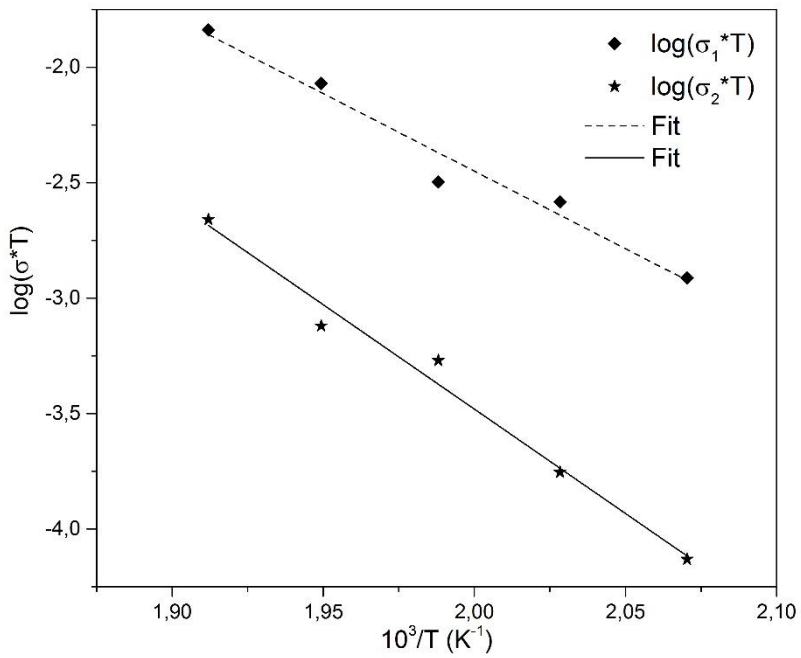


Fig. 2. Arrhenius plots for conductivity calculated from values of the modelling parameters (R_1 and R_2) with a linear fit for each dependence.

ОТРИМАННЯ НАНОКРИСТАЛІВ ТВЕРДИХ СПОЛУК ТИПУ $Zn_xCd_{1-x}S$

О. Коваленко, Є. Плахтій, О. Хмеленко, В. Славний
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
khmelenko@ukr.net

В роботі проведено дослідження фізичних властивостей нанокристалів (НК) твердих розчинів типу $Zn_xCd_{1-x}S$, які були отримані методом самопоширюваного високотемпературного синтезу (СВС) - [1]. Рентгено-дифракциониий аналіз (РДА) сполук (рис.1) було проведено на дифрактометре ДРОН-2 з використанням випромінювання Co K_α.

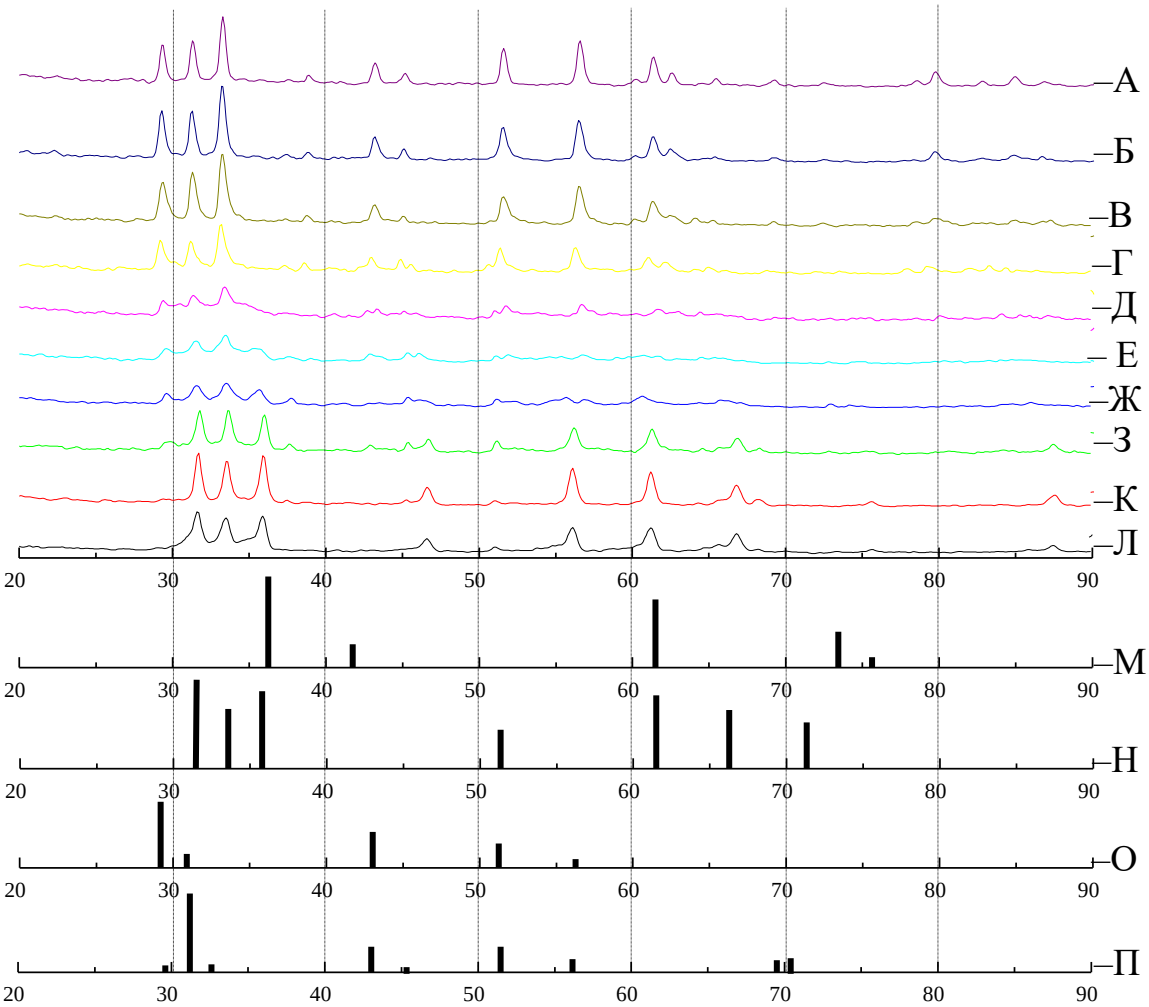


Рис.1. Дані РДА НК $Zn_xCd_{1-x}S$ (А – x=0, Б – x=0.1, В – x=0.2, Г – x=0.3, Д – x=0.4, Е – x=0.5, Ж – x=0.6, З – x=0.7, К – x=0.8, Л – x=0.9) і штрих-дифрактограми кубічної структури ZnS (М), гексагональної структури ZnS (Н), кубічної структури CdS (О) та гексагональної структури CdS (П)

Синтез НК твердих розчинів $Zn_xCd_{1-x}S$ та $Zn_xCd_{1-x}S$: Mn було проведено в кварцевій ампулі, вміщеній в герметичний сталевий реактор. В ампулу завантажували механічно змішані порошки Zn, Cd і S, взяті у відповідних пропорціях. Попереднє перемішування шихти проводилося з додаванням етилового спирту для поліпшення процесу перемішування. Співвідношення між катіонами Zn і Cd в шихті при цьому

характеризується параметром x_p. Після сушки суміші ініціація реакції синтезу проводилася тепловим імпульсом. Його забезпечувала ніхромова спіраль, розташована у верхній частині реактора. Синтез проводився при атмосферному тиску. Раніше по цій технології нами були отримані НК твердих розчинів ZnS_xSe_{1-x} [2].

Отримані в результаті СВС НК $Zn_xCd_{1-x}S$ представляли собою порошок. За даними РДА в НК $Zn_xCd_{1-x}S$ зареєстровано плавний рух рефлексів, що доводить про отримання змішаних твердих розчинів. Також спектри РДА різних складів свідчать про те, що параметр потрійного з'єднання НК $Zn_xCd_{1-x}S$ x в синтезованих порошках має таке ж значення, як і в суміші для синтезу – x_p. При цьому, певна відмінність між параметром x та x_p зареєстрована у порошках зі значенням x_p= 0.7 ÷ 1. Ці порошки характеризувалися істотними відмінностями за розмірами НК, ступенем мікродеформацій та співвідношенням між кубічною і гексагональною фазами.

Синтезований порошок твердих розчинів $Zn_xCd_{1-x}S$ складався з полікристалів із змішаною кристалічною структурою і середніми розмірами 1 - 5 мкм, які в свою чергу складалися з НК. Їх розміри були визначені за методикою Шеррера і знаходились для x_p = 0 ÷ 0.3 і 0.7 ÷ 1 в межах 60 ± 5 нм, а для параметра x_p = 0.4 ÷ 0.6 в межах 40 ± 5 нм. Подібні розміри були нами отримані і для НК ZnS_xSe_{1-x}[3]. При цьому в цих нанопорошках, нами було зареєстровано стрибкоподібну зміну в співвідношенні гексагональної і кубічної фаз в НК $Zn_xCd_{1-x}S$. Вона відбувалась в складах з x_p = 0.4 ÷ 0.6. Встановлено, що зі зменшенням параметра x_p, частка гексагональної фази в НК $Zn_xCd_{1-x}S$ зростала, а кубічної відповідно зменшувалась. Слід зазначити, що в НК CdS гексагональна фаза суттєво перебільшує кубічну фазу. Це не є характерною рисою для об'ємних кристалів CdS.

[1] М.Ф. Буланый, О.В. Коваленко, О.С. Морозов, О.В. Хмеленко. Получение нанокристаллов ZnS методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Журнал нано- та електронної фізики. 2017, Т.9, № 2. 02007

[2] О.В. Коваленко, Є.Г. Плахтій, О.В. Хмеленко. Дослідження спектрів фотолюмінесценції нанокристалів ZnS_xSe_{1-x}:Mn, отриманих методом самопоширюваного високотемпературного синтезу. Журнал нано- та електронної фізики. 2019, Т.11, № 4. 04031(5сс)

[3] A.V. Kovalenko, Ye.G. Plakhtii, O.V. Khmelenko. The peculiarities of the properties of ZnS_xSe_{1-x} nanocrystals obtained by self-propagating high-temperature synthesis. Functional Materials. 2018, T.25, № 4. P. 665-669

PREPARATION OF NANOCYSTALS OF SOLID COMPOUNDS OF $Zn_XCd_{1-x}S$ TYPE

O. Kovalenko, Ye. Plakhtii, O. Khmelenko, V.Slavnyi

Oles Honchar Dnipro National University

khmelenko@ukr.net

The study performed nanocrystals (NC) of solid solutions of $Zn_xCd_{1-x}S$ type, which were obtained by self-propagating high-temperature synthesis.

Their sizes were determined by the Scherrer method and were in the range of 40 ÷ 60 ± 5 nm. $Zn_xCd_{1-x}S$ nanocrystals in all compositions were characterized by a mixed crystal structure; the maximum proportion of the cubic phase was typical for compositions close to ZnS, and the minimum one – for compositions close to CdS.

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ КІНЕТИКИ ТЕМПЕРАТУРИ СОНЯЧНОГО ЕЛЕМЕНТА З ПОЗИСТОРНИМ ШАРОМ ПРИ ЛОКАЛЬНОМУ ПЕРЕГРІВІ

О. Іванченко, О. Тонкошкур
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
IvanchenkoAV@ukr.net

Одним з нових рішень в реалізації захисту компонентів сонячних батарей від електричних перевантажень і локальних перегрівів є підхід, який заснований на спрацьовуванні при підвищенні температури вбудованого розподіленого самовідновлювального запобіжника «PolySwitch» на основі позисторного полімерного нанокомпозиту з вуглецевим наповнювачем, що знаходиться в тепловому контакті з поверхнею фотоелектричного сонячного елемента (СЕ). В [1] представлені результати теоретичного аналізу розподілу температури в дископодібній пластині СЕ при наявності вбудованого такого позисторного шару при локальних (точкових) перегрівах, які мають електричну природу. Зокрема, в рамках уявлень про «розпливання» джерела тепла встановлено, що з плином часу області локального нагріву розширюються, заповнюючи у результаті всю пластину СЕ. Протягом декількох секунд вся структура нагрівається вище температури фазового переходу позисторного шару. Цей шар переходить в низькопровідний стан і більша частина напруги падає на ньому.

Ключовим моментом в даному процесі є визначення максимальної температури, що виникає в пластині СЕ, та її часової залежності, дослідженню чого й присвячена дана робота. У ній представлені теоретичні кінетичні залежності максимальної температури T_{max} і падіння напруги в пластині окремого СЕ з вбудованим шаром позисторного полімерного нанокомпозиту при наявності перенапруги, яка зміщує в зворотному напрямку p-n перехід СЕ.

З метою спрощення розв’язання складного завдання опису кінетики теплових і електричних процесів, що виникають в даній структурі, представляється доцільним розбити його на дві підзадачі, перша з яких відповідає ситуації до повної електричної ізоляції сонячного фотоелемента (якій відповідає деякий час t^*), а друга при наявності такої повної ізоляції. Відповідно до уявлень [1] в області зі зниженим електричним опором зміщеного у зворотному напрямку p-n переходу СЕ, який має температуру навколишнього середовища T_0 і знаходиться у високопровідному стані, починає протікати значний струм, який здатний розігріти зазначену область і прилеглу до неї частину позисторного шару до температур, що перевищують температуру його переходу в ізолюючий стан T_{trip}. Струм p-n переходу змушений «обтікати» таку ізольовану ділянку, що призводить до просторового розширення («розпливання») первісно виниклого джерела тепла. В міру такого «розпливання» нові ділянки позисторного шару нагріваються і переходять в низькопровідний стан. Після переходу всього цього шару в низькопровідний стан перенапруга, яка спочатку була прикладена до p-n переходу СЕ, перерозподіляється, і більша її частина падає на позисторному шарі. Відповідно, розв’язання першої підзадачі ($t \le t^*$) може бути реалізовано з використанням рівняння теплопровідності в полярній системі координат і алгоритму, наведеного в [1], де розглядалася зміна профілю розподілу температури уздовж поздовжньої координати пластини СЕ. Максимальна температура T_{max} виникає безпосередньо в точці, де зворотний опір обернено зміщеного p-n переходу СЕ мінімальний, тобто в місці початкового розігріву.

При аналізі поведінки розподілу температури в процесі переходу СЕ в стаціонарний нагрітий стан, слід врахувати, що основний відтік теплової енергії пластини СЕ, яка має відносно велику площу (до 15×15 см^2) і малу товщину (менше 1 мм), іде через її поверхні, а тепловою передачею в поздовжньому напрямку можна знехтувати. Це дає підставу припустити, що елементарні ділянки пластини з температурою $T > T_{trip}$ змінюють свою температуру практично незалежно один від одного, і цей процес для кожного з них приблизно можна розглядати в рамках уявлень системи із зосередженими параметрами. Таким чином, розв'язання другої підзадачі може бути реалізовано на основі зазначених уявлень для елементарної ділянки з T_{max} в рамках моделі, яка базується на використанні рівнянь теплового балансу з урахуванням теплового контакту між шарами структури [2].

Отримані за таким алгоритмом теоретичні кінетичні залежності максимальної температури і падіння напруги на СЕ дозволили встановити, що за декілька секунд вся структура нагрівається до температури T_{max}, яка значно перевищує T_{trip}. Шар позистора переходить в низькопровідний стан і велика частина напруги падає на ньому. Потім температура структури знижується до значень близьких до T_{trip} протягом декількох десятків секунд. Збільшення величини перенапруги призводить до невеликого зростання T_{max} на початковій ділянці кінетичної залежності та незначного скорочення часу спрацьовування такого захисту.

Беручи до уваги, що процес досягнення температур, достатніх для теплового пробою відомих кремнієвих СЕ триває близько кількох десятків секунд, а перебування таких СЕ за температур нижче 300 °С протягом кількох годин не призводить до суттєвої їх деградації. Отримані результати представляються обґрунтуванням перспективності введення позисторного шару для захисту СЕ від перенапруги.

[1] Tonkoshkur A.S., Ivanchenko A.V. Analysis of temperature distribution in a solar element with posistor layer in the presence of local electric heat source. Journal of Physics and Electronics. Vol. 28, No. 2. (2020). P. 95–100.
[2] Ivanchenko, A.V., Tonkoshkur, A. S. Application of a polymer nanocomposite with carbon filler to limit overvoltages in a photovoltaic element. Journal of Advanced Dielectrics. Vol. 10, No. 5. (2020). P. 2050020.1–2050020.7.

ALGORITHM FOR CALCULATING TEMPERATURE KINETICS OF SOLAR CELL WITH POSISTOR LAYER AT LOCAL OVERHEATING

A. Ivanchenko, A. Tonkoshkur
Oles Honchar Dnipro National University
IvanchenkoAV@ukr.net

It is shown that, for a separate solar cell with built-in posistor layer, the region of local heating expands with time, and as a result, it extends to the entire plate of such a structure. This leads to the heating of the entire structure above the tripping temperature of the posistor layer to the low-conductivity state in a time of the several seconds, while practically all the applied voltage drops across it. After the transition of the posistor layer to a low-conductivity state, the temperature of the structure decreases to values close to the tripping temperature of the posistor element.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТАНДЕМНОГО СОНЯЧНОГО ЕЛЕМЕНТА Si/Ge ЗІ СТУПІНЧАСТИМ БУФЕРНИМ ШАРОМ $Si_{1-x}Ge_x$

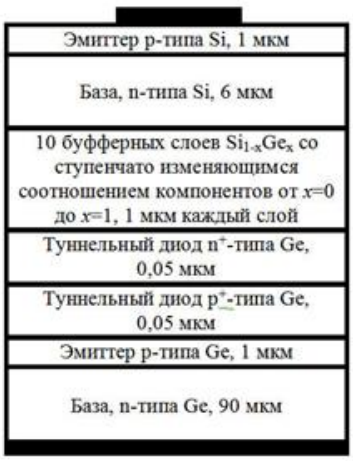
О. Гниленко[1], С. Плаксін[2]
[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
[2]*Інститут транспортних систем і технологій НАН України*
gnilenko@ua.fm, svp@westa-inter.com

Проведено комп'ютерне моделювання тандемного сонячного елемента Si/Ge, утвореного двома каскадами з кремнієвого та германієвого сонячних елементів, з'єднаних через германієвий тунельний діод. На відміну від роботи [1], у запропонованій конструкції сонячного елемента між кремнієвим каскадом і германієвим тунельним діодом розташований буферний шар $Si_{1-x}Ge_x$ зі ступінчастим зміненням співвідношення компонентів. Ступінчаста зміна співвідношення Si і Ge в буферному шарі дозволяє зняти напругу між каскадами тандемного сонячного елемента і тим самим зменшити концентрацію дислокацій.

Сонячний елемент (СЕ), структура якого показана на рис. 1, складається з двох каскадів. Верхній каскад утворений тонким шаром кремнію з гомогенним p–n переходом та товщиною емітера та бази, відповідно, 1 та 6 мкм. Нижній каскад утворений гомогенним p-n переходом у шарі германію з товщиною емітера 1 мкм та товщиною бази 90 мікрон. Комутує каскади тунельний діод, утворений гомогенним p-n переходом у високолегованому шарі германію з товщиною 0,1 мкм. Між германієвим тунельним діодом і верхнім кремнієвим каскадом розміщений буферний шар $Si_{1-x}Ge_x$, призначений для зменшення неузгодженості значень постійних решітки Si і Ge. Буферний шар складається з 10 шарів $Si_{1-x}Ge_x$ зі змінним співвідношенням компонентів від чистого кремнію до чистого германію. Електроди вважаються нескінченно тонкими, фактор затінення контактною сіткою не враховується.

Для математичного моделювання в мікроелектроніці все частіше використовують програмні системи автоматизованого технологічного проектування TCAD, за допомогою яких можна проводити наскрізне моделювання та проектування напівпровідникових пристроїв від технологічного процесу формування пристрою до розрахунку повного набору його характеристик [2]. У цьому дослідженні була використана одна з таких систем – програмний пакет Silvaco TCAD [3], орієнтований на вирішення всього комплексу конструкторсько-технологічних завдань, пов'язаних як з моделюванням технологічного маршруту формування напівпровідникового пристрою, так і з аналізом електричних характеристик готового пристрою.

Моделювання було виконано для нормально орієнтованого сонячного освітлення з інтенсивністю 1 сонце за умов освітленості AM0. У дослідженні проведений аналіз поведінки вольтамперних характеристик та основних фотовольтаїчних параметрів СЕ в залежності від товщини верхнього кремнієвого каскаду та буферних шарів. Крім того, був знайдений розподіл основних фізичних величин і візуалізована енергетична зонна структура СЕ, розподіл швидкості фото генерації, тощо. На рис. 2 представлені вольтамперні характеристики сонячного елемента, що розглядається. Криві отримані за різних значень товщини базового шару верхнього кремнієвого каскаду.



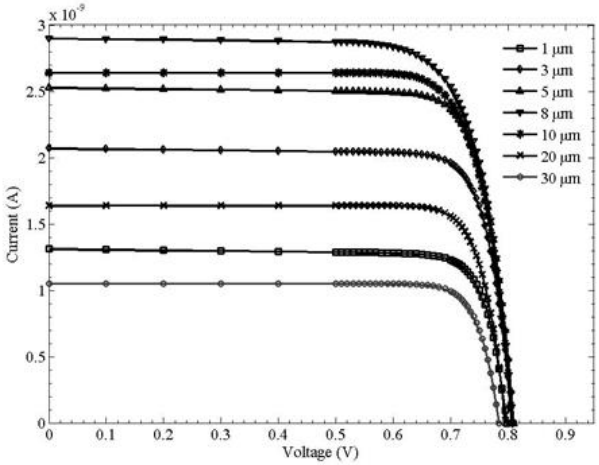


Рис. 1. Пошарова структура СЕ. **Рис. 2. Вольтамперні характеристики СЕ.**

Розрахований коефіцієнт корисної дії такого сонячного елемента сягає 13%. Враховуючи, що одноперехідний кремнієвий сонячний елемент з такими же конструктивними та фізичними параметрами (зауважимо, що час життя неосновних носіїв заряду в кремнії в програмі Silvaco TCAD за замовчанням дорівнює 1 мікросекунді) демонструє ефективність, що не перевищує 10-11%, перехід до тандемного сонячного елемента Si/Ge дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії фотоелектричних кремнієвих перетворювачів як мінімум на чверть. Важливою обставиною є те, що використання буферного шару між каскадами дозволяє знизити напругу решітки при переході від Ge до Si і тим самим зменшити щільність дислокацій до прийнятного рівня, а, отже, і їх вплив на характеристики сонячного елемента.

[1] Sun G. High efficiency thin-film crystalline Si/Ge tandem solar. Optics express. Vol. 18. No. 4. (2010). P. 3746-3753.
[2] Simulating Solar Cell Devices Using Silvaco TCAD. Simulation Standard. Vol. 18. No.2. (2008). P. 1-3.
[3] ATLAS User's Manual. Santa Clara, CA: Silvaco, 2004.

COMPUTER SIMULATING Si/Ge TANDEM SOLAR CELL WITH $Si_{1-x}Ge_x$ STEPWISE GRADED BUFFER LAYER

A. B. Gnilenko[1], S. V. Plaksin[2]
[1]*Oles Honchar Dnipro National University*
[2]*Institute of Transport Systems and Technologies NASU*
gnilenko@ua.fm, svp@westa-inter.com

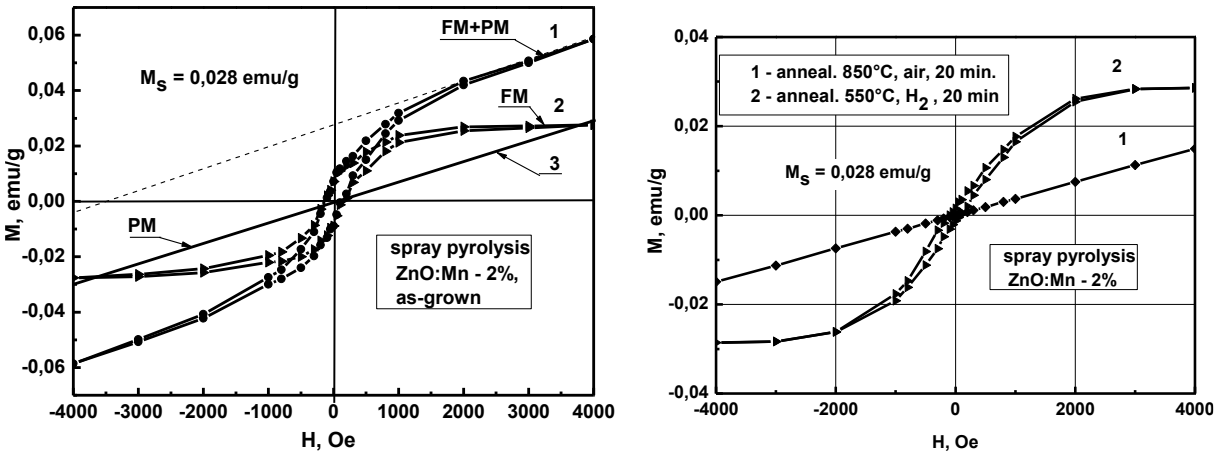
The results of the computer simulation for Si/Ge tandem solar cell with $Si_{1-x}Ge_x$ buffer layer are presented. The voltage-current characteristic, photovoltaic parameters and the distribution of basic physical values are obtained for the investigated tandem solar cell. The influence of layer thicknesses on the photovoltaic parameters is studied. The calculated efficiency of the tandem solar cell is appeared to be a quarter more than the efficiency of a simple silicone solar cell with the same constructive and physical parameters and under the same illumination conditions.

ВІДНОВЛЕННЯ МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОКРИСТАЛІВ ZnO:Mn

О. Коваленко, В. Воровський, М. Буланий
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kovalenko.dnu@gmail.com

Нанокристалічний ZnO легований марганцем відноситься до розбавлених магнітних напівпровідників (РМН) тому, що при відповідних умовах синтезу він набуває феромагнітних властивостей (ФВ) при кімнатній температурі. Такі матеріали останнім часом привертають до себе увагу у зв'язку із можливістю їх використання у спінтроніці, а також у багатьох інших напрямках прикладної наноелектроніки. Важливим результатом досліджень РМН було встановлення вирішальної ролі дефектів у виникненні феромагнетизму. Також показано, що умовою феромагнітного упорядкування у нанокристалічних РМН є не тільки наявність, але й відповідна структура власних дефектів. Необхідну дефектну структуру, яка приводить до появи ФВ, було утворено під час синтезу НК ZnO:Mn методом ультразвукового піролізу аерозолю (УПА) [1]. Особливість формування НК при цьому синтезі приводить до появи у них великої кількості дефектів а також неоднорідної кристалічної структури у вигляді бездефектного ядра та дефектної оболонки. Останнім часом при дослідженні РМН наслідкам термічної обробки (ТО) воднем приділяється багато уваги тому, що з'являється можливість контрольовано впливати на дефектний стан зразків та на їх фізичні властивості [2]. В роботі приведені результати дослідження впливу ТО у водні на структуру дефектів та магнітні характеристики НК ZnO:Mn отриманих методом УПА.

Було синтезовано зразки НК ZnO:Mn з концентрацією марганцю 2ат.% за методикою, яка наведена в роботі [1]. Отримані зразки спочатку були відпалені на повітрі при T=850°C протягом 20 хв., а потім вони підлягали ТО у суміші газів азоту та водню (N_2 : H_2 = 3:1) при T=550˚C протягом 20 хв. З метою збереження концентрації власних дефектів, які утворились під час такої ТО, охолодження зразків проводилось за межами печі у потоці газоподібного азоту.



а б

Рис. 1. Криві намагніченості (а) - синтезованого зразку ZnO:Mn (2ат.%) - зразок №1: 1- експериментальна крива, 2- феромагнітна складова, 3- парамагнітна складова; (б) - після ТО: 1- на повітрі при $T_в$= 850˚C (20 хв.) – зразок №2; 2 – у водні (N_2 : H_2 = 3:1) при $T_в$= 550˚C (20 хв.) – зразок №3.

Дослідження магнітних властивостей синтезованого зразка (зразок №1) показало, що його крива намагніченості не має стану насиченості (рис.1 а). Це є ознакою наявності

у намагніченості зразка парамагнітної складової. Відокремлення цієї складової із кривої намагніченості дало значення питомої намагніченості феромагнітної фази M_s = 0,028 emu/g. Після ТО цього зразка на повітрі за температури $T_в$ = 850˚С протягом 20 хв. (зразок №2) його ФВ зникають, він стає парамагнітним. Значення магнітної сприйнятливості зразка №2 $\chi_p = 3{,}3x10^{-6}$ emu/g·Oe. (рис. 1б.). ТО цього зразку у суміші газів азоту та водню (N_2 : H_2 = 3:1) за температури 550˚С протягом 20 хв. (зразок №3) приводить до відновлення його ФВ. Крива намагніченості має стан насиченості, якому відповідає значенням питомої намагніченості M_s = 0,028 emu/g. Отримані результати можуть бути пояснені зменшенням кількості дефектів після ТО на повітрі та їх збільшенням після відпалу у водні.

Згідно моделі зв'язаного магнітного полярону (ЗМП) феромагнетизм у ZnO:Mn обумовлений обмінною взаємодією між іонами Mn^{2+} опосередковано через власні дефекти кристалічної гратки, наприклад, кисневі вакансії (V_o) [3]. Тому можливо зробити припущення, що магнітні характеристики зразка №1 обумовлені відповідною структурою дефектів при якій кількість вільних іонів Mn^{2+} значно більша кількості кисневих вакансій V_o, $N(Mn^{2+}) > N(V_o)$. Після об'єднання необхідних іонів Mn^{2+} та V_o для утворення магнітних кластерів, цей надлишок і формує парамагнітну складову намагніченості зразку. Парамагнітні властивості зразку №2 пояснюються відсутністю дефектів - кисневих вакансій V_o, ($N(V_o) = 0$), та наявністю деякої кількості парамагнітних іонів $N_p(Mn^{2+})$. Феромагнітному зразку №3 відповідає структура дефектів при якій кількість кисневих вакансій V_o, перевищує кількість парамагнітних іонів, тобто $N(V_o) > N_p(Mn^{2+})$. Таким чином, можливо зробити висновок, що не тільки кількість, але і співвідношення учасників магнітної взаємодії внутрішніх (V_o) та домішкових (іонів Mn^{2+}) дефектів визначають магнітні властивості зразків.

В роботі показана можливість відновлення ФВ синтезованих зразків шляхом контрольованого відпалу у водні, при якому зникає парамагнітна складова намагніченості. Отримані результати можуть бути використані при розробці режимів синтезу РМН.

[1] Vorovsky V.Yu, Kovalenko A.V., Kushnerov A.I., et., al., Preparation of zinc oxide nanopowders doped with manganese, which have ferromagnetic properties at room temperature. J. Funct. Mater.,vol. 25, 61 (2018), pp. 61- 66.
[2] Sharma V.K.,Varma G.D. Oxygen vacancies induced room temperature ferromagnetism in hydrogenated Mn-doped ZnO. J. Appl. Phys. vol.102 (2007), pp. 056105-056107/
[3] Coey J.M.D., Venkatesan M, Fitzgerald C.B. Donor Impurity Band Exchange in Dilute Ferromagnetic Oxides, J. Nature Mater.vol.4 (2005), pp. 173–179.

RESTORATION OF MAGNETIC PROPERTIES OF NANOCRYSTALS ZnO:Mn

A. Kovalenko, V. Vorovsky, M. Bulaniy
Oles Honchar Dnipro National University
kovalenko.dnu@gmail.com

The paper presents the results of a study of the effect of heat treatment in hydrogen on the structure of defects and magnetic characteristics of ZnO:Mn (2 at.%) nanocrystals, which were obtained by the method of ultrasonic pyrolysis of aerosol. It is shown that the synthesized samples have ferromagnetic properties, which disappear after heat treatment in air. These properties are restored after thermal treatment in hydrogen. It is assumed that this changes the structure of defects in ZnO:Mn nanocrystals. The number of oxygen vacancies Vo, becomes greater than the number of paramagnetic ions Mn^{2+}, N (Vo) > Np (Mn^{2+}).

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВОШАРОВОЇ СТРУКТУРИ ВАРИСТОР-ПОЗИСТОР

О. Іванченко, Є. Турбін
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
IvanchenkoAV@ukr.net

Одним з перспективних напрямків вирішення проблеми захисту електричних кіл від тривалої і постійної перенапруги є використання комбінованої двошарової структури на основі варисторної кераміки і нанокомпозитів з вуглецевим наповнювачем, які знаходяться у тепловому контакті [1]. Особливий інтерес такі обмежувачі напруги представляють для розробки захисту від електричних і теплових навантажень у фотоелектричної системі сонячних батарей [2].

Метою роботи було вивчення впливу температури на електричні характеристики обмежувача напруги на основі двошарової структури варистор-позистор.

У експериментах даної роботи використовувалися зразки обмежувачів напруги, у яких робочий елемент (шар діаметром 14.5 мм і товщиною ~ 3 мм) складався з серійного варистора VCR-14D180L (шар діаметром 14.5 мм і товщиною 1.5 мм, класифікаційна напруга 18 В, коефіцієнт нелінійності > 50), за другий шар використовувався запобіжник PPTC типу FRX110-60F (шар діаметром 11 мм і товщиною ~ 1 мм, опір елемента в провідному стані 0,38 Ом, температура спрацьовування 125 °С) на основі полімерного нанокомпозиту з вуглецевим наповнювачем. Тепловий контакт між шарами забезпечувався використанням кремнієвої теплопровідної пасти КПТ-8.

Вхідна напруга $U_{вх}$ подавалася від стандартного регульованого джерела напруги та прикладалася до послідовно з'єднаних шарів структури. Вимірювання значень струму I, вхідної напруги $U_{вх}$ та вихідної напруги (напруги на варисторному шарі) $U_{вих}$ проводилися промисловими амперметром та вольтметрами. Обмежувач напруги поміщався в термостат, який дозволяв встановлювати різні температури. Температура T фіксувалася за допомогою термопари.

Результати експериментальних досліджень залежності напруги на виході $U_{вих}$ та струму I досліджуваної структури від прикладеної до неї вхідної напруги у режимі холостого ходу представлені на рис. 1.

Як видно, зі збільшенням вхідної напруги $U_{вх}$ вихідна напруга $U_{вих}$ досліджуваної структури має тенденцію до обмеження. Цей ефект супроводжується підвищенням температури структури T до значення, близького до температури фазового переходу провідник-ізолятор T_n, що спостерігається у нанокомпозитах з позитивними температурними коефіцієнтами опору. Зі збільшенням напруги $U_{вх}$ струм I, що протікає через структуру, збільшується, проходить через максимум (коли температура структури наближається до T_n, що відповідає зазначеному фазовому переходу). Надалі струм, що протікає через структуру, зменшується через збільшення опору нанокомпозиту.

Досліджено залежності вихідної напруги $U_{вих}$ та струму I розглянутого пристрою обмеження напруги, а також температур його складових елементів (варистора та позистора) від прикладеної напруги при різній температурі. Встановлено, що зі зростанням цієї температури максимальна температура позистора незначно збільшується. Струм, що протікає через структуру, зменшується в кілька разів, оскільки необхідна кількість теплоти для розігріву позистора знижується і, отже, зменшується необхідна потужність розсіювання варистора. Вихідна (обмежувана) напруга незначно знижується, температура варистора зростає.

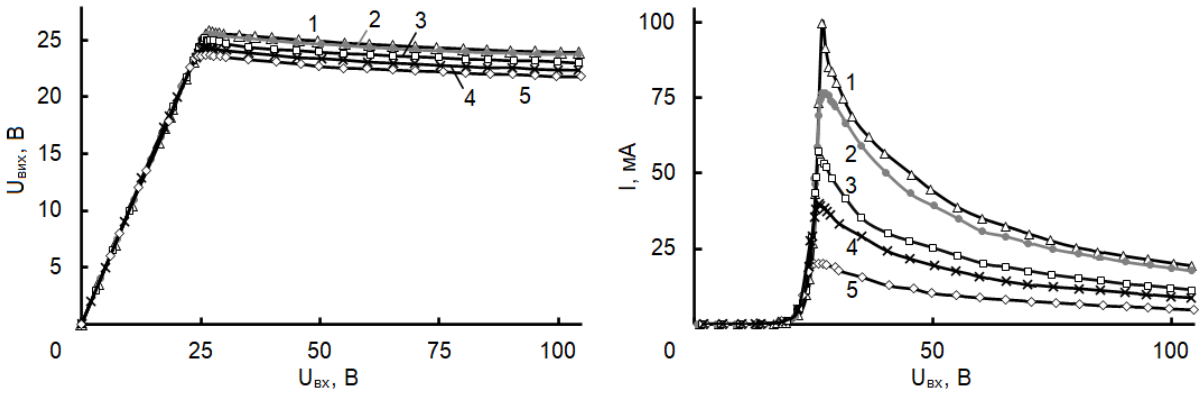


Рис. 1. Залежності вихідної напруги $U_{вих}$ і струму I досліджуваної двошарової структури варистор-позистор від прикладеної вхідної напруги $U_{вх}$ при різній температурі T, °C: *1* – 20; *2* – 40; *3* – 60; *4* – 80; *5* – 100

Також вивчено вплив теплової потужності, що підводиться до позистора, яка змінювалася шляхом підключення ще одного варистора паралельно до встановленого.

При використанні двох варисторів внаслідок збільшення теплової потужності, що підводиться до позистора, спостерігається зниження максимальної температури варистора, але при цьому зростає струм, що протікає через пристрій обмеження напруги.

[1] Golubovic B., Becker P. N., Moore R. P. Circuit protection device having thermally coupled MOV overvoltage element and PPTC overcurrent element. U.S. Patent 7660096 B2 (2010).
[2] Tonkoshkur A.S., Ivanchenko A.V., Nakashydze L.V., Lyashkov A.Yu., Gomilko I.V. Application of polymer posistor nanocomposites in systems for protecting photovoltaic components of solar arrays from electrical overloads. Monograph. USA, Boston: Primedia eLaunch (2021). 172 p.

EFFECT OF TEMPERATURE ON ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF TWO-LAYER STRUCTURE VARISTOR-POSISTOR

A. Ivanchenko, Y. Turbin
Oles Honchar Dnipro National University
IvanchenkoAV@ukr.net

One of the promising directions for solving the problem of protecting electrical circuits from prolonged and constant overvoltage is the use of a combined two-layer structure based on varistor ceramics and nanocomposites with a carbon filler, which are in thermal contact. Such voltage limiters are of particular interest for the development of protection against electrical and thermal loads in a photovoltaic system of solar cells. The voltage limiter consisted of series-connected layers of varistor and posistor. With an increase in the input voltage, the output voltage of the structure under study tends to be limited. The dependences of the output voltage and current of the device under consideration, the temperature of the varistor and posistor on the applied voltage at different temperatures are investigated. It was found that with an increase in the indicated temperature, the maximum temperature of the posistor increases slightly. The current flowing through the structure decreases several times, since the amount of heat required to heat the posistor decreases and, therefore, the required dissipation power of the varistor decreases. The output (limited) voltage decreases slightly, the temperature of the varistor increases.

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ ДІОКСИДНОВАНАДІЄВОЇ СКЛОКЕРАМИКИ З ДОБАВКАМИ Cu ТА Cu_2O

В. Колбунов, О. Вашерук
Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара
kolbunov_vadim@i.ua

Склокерамічні матеріали на основі системи діоксид ванадію (VO_2) –ванадієво-фосфатне скло (ВФС) мають різку (на 2-3 порядку) зміну електропровідності в межах температури T_t = 341К фазового переходу метал-напівпровідник (ФПМН) в VO_2 [1]. Це дає можливість використовувати такі матеріали в критичних терморезисторах, які поєднують властивості звичайного терморезистора з негативним температурним коефіцієнтом опору і термічного реле [1].

Метою даної роботи є дослідження електропровідності склокераміки систем VO_2–ВФС і VO_2–ВФС–SnO_2 з добавками Cu і Cu_2O в широкій області температур.

Як базові компоненти склокераміки означених вище систем були використані ВФС складу (мол.%) $80V_2O_5$–$20P_2O_5$ і кристалічний VO_2.

На температурних залежностях питомої електропровідності σ склокераміки складу (ваг. %) $40VO_2$–15ВФС–αCu_2O–$(45-\alpha)SnO_2$ з різним вмістом α Cu_2O спостерігається стрибок σ в межах 341 К, який пов'язаний з ФПМН в VO_2 (рис. 1). Наявність такого стрибка σ була виявлена у складах склокераміки з вмістом Cu_2O не більше 6 ваг.%. У складах з вмістом закису міді 8 ваг.% і більше стрибок σ не спостерігався. Це може бути пов'язано з низьким вмістом VO_2 у таких складах і, як наслідок, відсутністю протікання по цій фазі. Дані ДТА показали, що вміст діоксиду ванадію в досліджених складах склокераміки проявляє різке зменшення, коли вміст добавки міді перевищує 5 ваг.%. При вмісті Cu 15 ваг.% вміст VO_2 не перевищує 1,5 ваг. %.

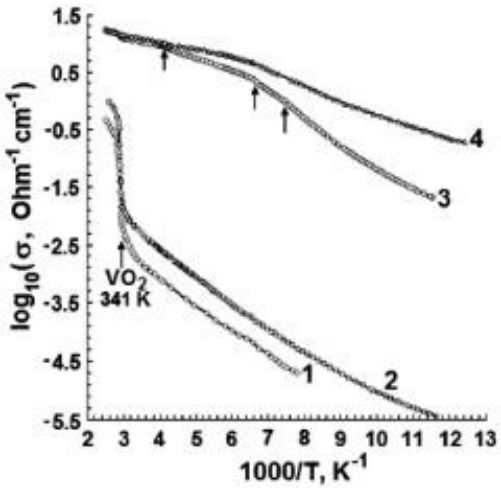


Рис. 1. Температурні залежності питомої електропровідності склокераміки (ваг. %) $40VO_2$-15VPG-αCu_2O- $(45-\alpha)$ SnO_2 з вмістом Cu_2O α ваг.%: 1 – 2; 2 – 5; 3 – 8; 4 – 10.

Зменшення вмісту VO_2 із зростанням вмісту міді, ймовірно, є наслідком окислювально-відновлюваних реакцій між цими компонентами. Це підтверджує поява ліній вищого оксиду міді CuO в рентгенівських спектрах склокераміки, коли вміст Cu_2O перевищує 7 ваг.% [2]. Наслідком окислювально-відновлюваних реакцій

$$nVO_2 + Cu \rightarrow V_nO_{2n-1} + CuO$$

$$nVO_2 + Cu_2O \rightarrow V_nO_{2n-1} + 2CuO$$

може бути кристалізація у рідкій фазі при синтезі склокераміки фаз Магнелі з загальної формулою V_nO_{2n-1}. Наявність таких фаз у кераміці на основі VO_2 з підвищеним вмістом міді підтверджують дані рентгенофазового аналізу [2].

Вклад фаз Магнелі у електропровідність діоксиднованадієвої склокераміки виявляється в її температурній залежності, побудованій в координатах logσ ~ 1/T, коли вміст Cu_2O дорівнює 8 або більше ваг. % (рис. 1). Цей вклад спостерігається як злами лінійних ділянок залежності logσ ~ 1/T при температурах 240 К, 150 К і 130 К, які відмічені на рис. 1 стрілками. Ці температури відповідають температурам фазових переходів метал-напівпровідник T_t в фазах Магнелі V_4O_7, V_6O_{13} і V_5O_9. Енергія активації σ при $T>T_t$ менше, ніж при $T<T_t$, що свідчить про зміну енергетичної структури зон характерному для фазового переходу метал-напівпровідник.

Наявність вкладу фаз Магнелі в електропровідність діоксиднованадієвої склокераміки з підвищеним вмістом міді (8 ваг.% і більше) свідчить про те, що їх об'ємна доля перевищує поріг протікання. При невеликих добавках міді протікання по фазах Магнелі відсутнє завдяки їх малому вмісту і основний внесок в електропровідність склокераміки забезпечує діоксид ванадію, про що свідчить стрибок електропровідності при T_t = 341 К (рис. 1). Оскільки фази V_4O_7, V_6O_{13} і V_5O_9 вище температури ФПМН знаходяться у металевому стані, вони можуть створювати додаткові провідні електричні зв'язки між кристалітами VO_2, які сприяють протіканню по цій фазі.

Таким чином, склокераміка систем VO_2–ВФС і VO_2–ВФС–SnO_2 з добавками Cu і Cu_2O придатна для використання в критичних терморезисторах при вмісті означених добавок не більше 5 – 6 ваг. %.

[1] Ivon A.I., Kolbunov V.R., Chernenko I.M. Protection of the computer power supply unite against a making current. System Technologies. Vol. 64, N° 5. (2009). P. 80 – 88.
[2] Kolbunov V.R., Ivon A.I., Kunitskiy Y.A., Chernenko I.M. The influence of microstructure and phase composition of glass ceramics in the VO_2–V_2O_5–P_2O_5–Cu_2O–SnO_2 system on the electrical properties related to the metal-semiconductor phase transition. Ceramics International. Vol. 39, N°. 4. (2013). P. 3613–3620.

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF GLASS-CERAMICS BASED ON VANADIUM DIOXIDE WITH ADDITIVES OF Cu AND Cu_2O

V. Kolbunov, A. Vasheruk
Oles Honchar Dnipro National University
kolbunov_vadim@i.ua

The electrical conductivity of glass-ceramics of VO_2 – VPG and VO_2 – VPG – SnO_2 systems with Cu and Cu_2O additives in a wide temperature range is investigated. On the temperature dependences of the specific electrical conductivity σ of glass-ceramics of composition (wt.%) 40VO2–15ВФС – αCu2O– (45-α) SnO_2 with different content α Cu_2O, a jump σ within 341 K is observed, which is associated with PTSM in VO_2. The presence of such a jump σ was detected in glass-ceramic compositions with a Cu_2O content of not more than 6 wt.%. In compositions with a content of copper oxide of 8 wt.% And more jump σ was not observed. Thus, glass-ceramics of VO_2 – VPG and VO_2 – VPG – SnO_2 systems with Cu and Cu_2O additives are suitable for use in critical thermistors when the content of these additives is not more than 5 - 6 wt.%.

МОРФОЛОГІЧНО-СТРУКТУРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ В КРИСТАЛАХ І ЕПІТАКСІЙНИХ ШАРАХ CdSb ТА In_4Se_3 ПІД ДІЄЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

М. Сорокатий, В. Пилипко, В. Стребежев, П. Євенчук
Чернівецький національний університет імені Ю.Федьковича,
m.sorokatyi@chnu.edu.ua

Керовані трансформації реальної морфології та структури поверхні напівпровідників у багатьох випадках можуть бути забезпеченими лазерними технологіями. Оптимізуюча дія імпульсного лазерного випромінювання на епітаксійні шари, тонкі плівки, наноматеріали є особливо ефективною. В даній роботі для отримання епітаксійних шарів CdSb та In_4Se_3 був застосований метод рідиннофазної епітаксії (РФЕ) в атмосфері водню з розчинів-розплавів на основі Bi. Фотонна корекція структурно-фазового стану кристалів та епітаксійних шарів CdSb та In_4Se_3 після процесу РФЕ здійснювалася за допомогою мілісекундного YAG-лазера “Квант-12 ” (λ =1,06 мкм, τ ~ 1,5 мс) з густиною енергії випромінювання 2,4–10 Дж/см^2. Досконалість структури кристалів і епітаксійних шарів та однорідність їх фазового складу досліджувалася методами РЕМ, АСМ та електронно-зондового мікроаналізу.

На площині (100) кристалів n-CdSb лазерною проплавкою було створено впорядковані квазіперіодичні структури мікронних масштабів (рис. 1).

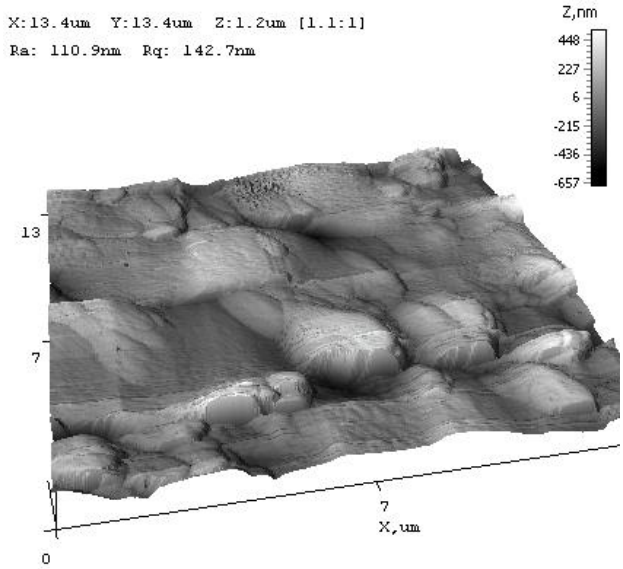


Рис. 1. Морфологія поверхні кристалу CdSb після лазерної проплавки (дослідження в АСМ).

При цьому відбувалася інверсія типу провідності з утворенням лазерної фоточутливої поверхнево-бар’єрної структури [1]. Максимум фоточутливості структури у випадку легування кристалу CdSb домішкою In знаходився в області 2,1 мкм. Як показали проведені дослідження, леговані епітаксійні структури на основі шарів CdSb, нарощених методом РФЕ, фоточутливі в діапазоні $\Delta\lambda$=1,35–2,75 мкм. Лазерна обробка епітаксійних шарів дозволила покращити їх східчасту морфологію, що супроводжувалося також оптимізацією параметрів фоточутливості.

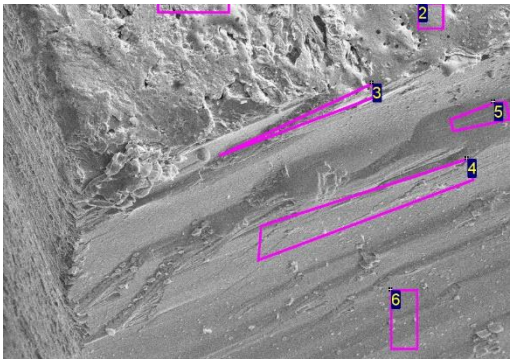


Рис.2. Морфологія після лазерної обробки поперечного перерізу епітаксійної структури на основі In_4Se_3 (дослідження в РЕМ).

Отримані також епітаксійні структури на базі шаруватих напівпровідників In_4Se_3 та In_4Te_3 [2] і встановлені оптимальні режими лазерної обробки, при яких покращується досконалість перехідної області епітаксій ний шар – підкладка, що зменшує вплив процесів рекомбінації. При вивченні в РЕМ морфології поверхні та поперечних сколів структур на In_4Se_3 (рис.2) методами рентгеноспектрального мікроаналізу, а також еліпсометрії, встановлено, що лазерна обробка призводить до утворення в епітаксійному шарі як вузькозонних, так і широкозонних фаз системи In – Se [3].

В цілому проведені дослідження показали можливість керованого лазерного впливу на структурно-фазовий стан епітаксійних фоточутливих елементів на CdSb та In_4Se_3 з метою покращення характеристик їх фото чутливості.

[1] Record M.C., Izard V., Bulanova M., Tedenac J.C. Phase transformations in the Zn-Cd-Sb system, Intermetallics. V.11. (2003). P.1189-1194.
[2] Li Xingfu, Xu Bin, Yu Gongqi [and other] Anisotropic optical and thermoelectric properties of In_4Se_3 and In_4Te_3. Journal of applied physics. V.113. 2013. P.203-502.
[3] L. Makinistian, E.A. Albanesi, N.V. Gonzalez Lemus [and other] Ab initio calculations and ellipsometry measurements of the optical properties of the layered semiconductor In_4Se_3. Phys.Rev.B. Vol. 81. №7. 2010. P.075217-1–075217-8–075217-8.

MORPHOLOGICAL-STRUCTURAL TRANSFORMATIONS IN CRYSTALS AND EPITAXIC LAYERS OF CdSb AND In_4Se_3 UNDER THE ACTION OF LASER RADIATION

M. Sorokatyi, V. Pylypko, V. Strebezhev, P. Evenchuk
Chernivtsi National University named after Yu. Fedkovych
m.sorokatyi@chnu.edu.ua

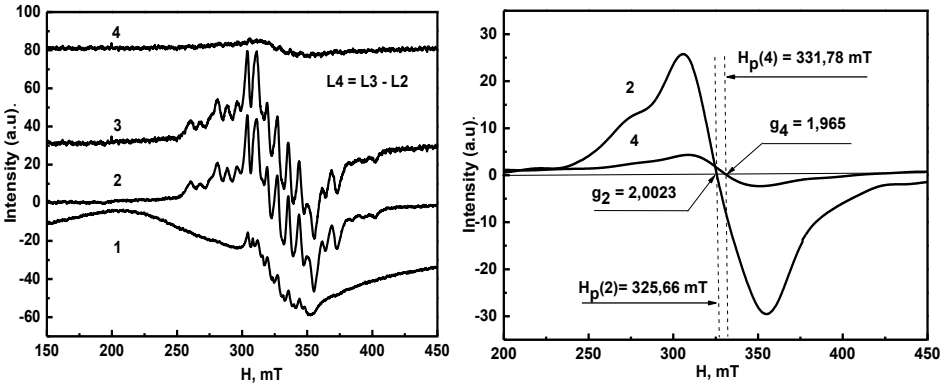
Epitaxial structures based on layered In_4Se_3 and In_4Te_3 semiconductors are obtained and optimal laser treatment regimes are established, in which the perfection of the epitaxial layer-substrate transition region improves, which reduces the influence of recombination processes. When studying the surface morphology and transverse chipping of structures on In_4Se_3 by X-ray methods of X-ray spectral microanalysis, as well as ellipsometry, it was found that laser treatment leads to the formation of both narrow-band and wide-band phases of the In - Se system in the epitaxial layer.

СПЕКТРИ ЕПР НАНОКРИСТАЛІВ ZnO:Mn

О. Коваленко, В. Воровський, О. Хмеленко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kovalenko.dnu@gmail.com

Нанокристалічний ZnO легований Mn відносяться до складу розбавлених магнітних напівпровідників (РМН). В роботі приведені результати дослідження спектрів ЕПР зразків нанокристалів (НК) ZnO:Mn, отриманих методом ультразвукового піролізу аерозолю (УПА) [1]. Досліджувались зразки НК ZnO:Mn з концентрацією марганця 2ат.%, як синтезований (зразок№1), так і термічно оброблений (ТО) на повітрі при T= 850°C протягом 20 хв. (зразок №2), а також зразок, який після відпалу на повітрі, був ТО у суміші газів азоту та водню (N_2 : H_2 = 3:1) при T= 550˚C протягом 20 хв.(зразок №3). З метою збереження концентрації власних дефектів, які утворились під час такої ТО, охолодження зразків проводилось за межами печі у потоці газоподібного азоту. Спектри ЕПР зазначених зразків приведені на рис.1а.

Особливістю спектру ЕПР зразка №1, отриманого при нерівноважних умовах синтезу методом УПА (рис.1а, лінія1), є його асиметрична форма. Вона є наслідком наявності у НК дефектів акцепторного типу таких, як кисневі вакансії (V_o), міжвузловий цинк (Zn_i), а також гідроксильні групи (OH) та комлексів цих дефектів із домішковими іонами Mn^{2+}. При значеннях магнітного поля H ~ 200 мТ також реєструється широка, безструктурна лінія, яка може бути лінією феромагнітного резонансу. Вона обумовлена наявністю у зразку феромагнітних кластерів та свідчить про існування феромагнітних властивостей (ФВ), які були встановлені у роботі [2]. Після відпалу НК за T = 550°C ця лінія та ФВ зникають в наслідок зменшення кількості власних дефектів. В області значень магнітного поля H = 325мТ (g ~ 2,0) реєструється надтонка структура (НТС). Ця лінія складається з шести ліній та пов'язана



а б

Рис. 1. Лінії спектрів ЕПР зразка ZnO:Mn (2ат%) - (а): 1- синтезований зразок, 2 - після відпалу на повітрі 3 – після відпалу у водні, 4 – лінія, яка є результатом відокремлення лінії 2 від лінії 3 спектрів ЕПР. Усередненні лінії ЕПР спектрів 2 та 4 - (б).

з іонами Mn^{2+} розташованими в узлах кристалічної гратка ZnO. По інтенсивності таких ліній можливо робити висновок щодо ефективності легування ZnO іонами Mn^{2+}. Слід зазначити, що лінія НТС спектру ЕПР накладаються на широку фонову лінію поглинання, яка обумовлена обмінною взаємодією вільних, домішкових іонів Mn^{2+}. Самі ліній НТС є структурованими, кожна із них роздвоюється. Поява додаткових ліній НТС обумовлена іонами Mn^{2+}, які знаходяться в різному локальному оточенні, що може свідчити про наявність деформаційних напружень у кристалічній гратці ZnO. Такі іони Mn^{2+}, можливо, розташовані на поверхні НК у НК ZnO [2]. Таким чином, проведений

аналіз дає підстави зробити висновок про те, що розташування легуючої домішки Mn та пов'язаних з нею власних дефектів в об'ємі НК є неоднорідним. Вони в основному знаходяться у приповерхневому шарі. Дефектна структура НК має вид «ядро – оболонка» - бездефектне ядро та дефектний приповерхневий шар. Така структура дефектів приводить до формування феромагнітних властивостей у синтезованого зразка НК ZnO:Mn (2 ат.%) [2].

Після ТО зразка №2 всі власні та структурні дефекти зникають, тому його спектр ЕПР містить тільки лінії НТС та широку лінію поглинання вільних іонів Mn^{2+}(рис.1б, лінія 2). Велика інтенсивність ліній НТС свідчить про значну кількість іонів Mn^{2+}, які прийняли участь у легуванні НК ZnO. Відсутність роздвоєння цих ліній є ознакою відсутності у НК дефектного приповерхневого шару. Значна інтенсивність широкої лінії поглинання є ознакою наявності вільних іонів Mn^{2+}, які й обумовлюють парамагнітні властивості зразку [2].

Спектр ЕПР зразка №3 є практично ідентичним виду спектру ЕПР зразка №2 (рис.1б, лінія 3). Це пояснюється тим, що повторний короткотерміновий відпал зразка при нижчий температурі не може привести до значних структурних змін. Дія водню визначається його високими реакційними властивостями. Реагуючи на поверхні НК із атомами кисню, він може утворювати кисневі вакансії (V_o) та інші дефекти. Відомо, що наявність кисневих вакансій (V_o) та вільних іонів Mn^{2+} після ТО у водні приводить до появи у зразку ФВ [2]. Тому можливо зробити висновок про те, що у спектрі ЕПР зразка №3 повинна бути лінія поглинання кисневих вакансій V_o. Таку лінію було виділено після відокремлення лінії спектру 2 від лінії спектру 3 (рис.1а. лінія 4). Аналіз усереднених ліній 2 та 4 (рис.1б) показав, що резонансне магнітне поле H_p лінії 4 має значення $H_p(4)$ = 331,78 mT, для якого g_4 = 1,965. Цей результат відповідає значенню g-фактора для кисневої вакансії [3]. Таким чином, встановлено, що саме кисневі вакансії приймають участь у формуванні ФВ після ТО зразка у водні. Отримані результати свідчать про те, що наявність ФВ в НК ZnO обумовлено утворенням відповідних компплексних дефектів.

[1] Vorovsky V.Yu, Kovalenko A.V., Kushnerov A.I., et., al., Preparation of zinc oxide nanopowders doped with manganese, which have ferromagnetic properties at room temperature. J. Funct. Mater.,vol. 25, 61 (2018), pp. 61- 66.
[2] O. V. Kovalenko, V. Y. Vorovskiy, O. V.Khmelenko. The effect of heat treatment on the magnetic properties of ZnO:Mn nananocrystals obtained by ultrasonic aerosol pyrolysis. J. Functional Materials. J. Functional Materials, 27, 4, 2020, p. 687-694
[3] Morazzoni F., Scotti R., Di Nola P., et., al., Electron Paramagnetic Resonance Study of the Interaction of the ZnO Surface with Air and Air-Reducing Gas Mixtures. J. Chem. Soc., Faraday Trans., 1992, v. 88, p. 1691-1694.

SPECTRA OF EPR NANOCRYSTALS ZnO:Mn

A. Kovalenko, V.Vorovsky O. Khmelenko
Oles Honchar Dnipro National University
kovalenko.dnu@gmail.com

The paper presents the results study of the EPR spectra of nanocrystals ZnO:Mn, with a concentration of manganese 2at.%. Obtained by the method of ultrasound pyrolysis of aerosol. The EPR spectra of a synthesized sample, thermally processed in air, as sample well as thermally treated in a mixture of nitrogen and hydrogen gases is studied. It was concluded that the defective structure of the nanocrystals synthesized sample has the appearance of the "core - shell" - a non-defective core and a defective near-surface layer. It is shown that precisely oxygen vacancies (V_o) take part in the formation of ferromagnetic properties after thermal processing of the sample in hydrogen.

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ САМОВІДНОВЛЮВАНИХ ЗАПОБІЖНИКІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ НА ОСНОВІ ПЛАСТИН З МОНО- ТА ПОЛІКРИСТАЛІЧНОГО КРЕМНІЮ ВІД СТРУМІВ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ

О. Ляшков
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
alexdnu@ukr.net

Сонячні батареї як правило складаються з набору окремих фотоелементів (ФЕ) з'єднаних послідовно або паралельно, або змішано. В ході експлуатації фотоелементи можуть виходити з ладу в результаті механічних пошкоджень, деградації, приходу в непридатність ізоляції. Ці несправності часто призводять до падіння внутрішнього опору фотоелемента, що в свою чергу веде до шунтування всього ланцюгу паралельно з'єднаних фотоелементів. Аналогічний ефект може виникати при затіненні ФЕ. Струми, що протікають через елемент зі зниженим внутрішнім опором істотно розігрівають його і викликають появу зон локальних перегрівів, так званих «гарячих плям» [1]. У підсумку це може призвести виходу з ладу всієї сонячної батареї і навіть до пожежі.

Одним з ефективних і простих рішень є включення послідовно з кожним з фотоелементів самовідновлюються запобіжників (СВЗ, або PolySwitch, PPTC (Polymeric Positive Temperature Coefficient)).

Основними паспортними параметрами СВЗ є R_{min} – мінімальний початковий опір (або, R_{1max} – максимальний опір після однієї години відновлення) і I_{trip} – струм спрацьовування, при якому відбувається перехід запобіжника від стану з великою провідністю до непровідного. Захист паралельного з'єднання фотоелементів може бути реалізований при виконанні наступних умов:

$$R_{min} << \mathrm{r}, \tag{1}$$

де r – внутрішній опір фотоелемента, тобто наявність таких запобіжників в електричній схемі не повинно впливати на нормальну роботу модуля в цілому;

$$(n-1)I > I_{trip} > I_{sc}, \tag{2}$$

тобто, струм спрацьовування СВЗ повинен бути більше струму короткого замикання ФЕ I_{sc} і менше сумарного струму паралельно з'єднаних фотоелементів в робочому режимі $(n-1)I$, де $(n-1)$ кількість справних фотоелектричних модулів.

Внутрішній опір фотоелемента можна оцінити як $r = U_{oc}/I_{sc}$, де U_{oc} – напруга холостого ходу; I_{sc} – струм короткого замикання. На сьогоднішній день найбільш поширеними є пластини з моно- і полікристалічного кремнію розміром 156×156 мм. Для них середнє значення $U_{oc} \approx 0{,}64$ В, $I_{sc} \approx 9$ А, згідно паспортним значенням виробників. Середнє значення r, виходячи з цього, 0,07 ÷ 0,08 Ом. Таким чином, для забезпечення умови (1), R_{min} не повинний перевищувати $0{,}1r$ (~ 0,007 Ом).

Аналіз параметрів промислових СВЗ всіх типорозмірів, включаючи SMD, дозволив встановити існування статистичного взаємозв'язку між мінімальним опором і

струмом перемикання. Для захисту фотоелементів виявилися придатними вкрайобмежений перелік промислових СВЗ (рис. 1).

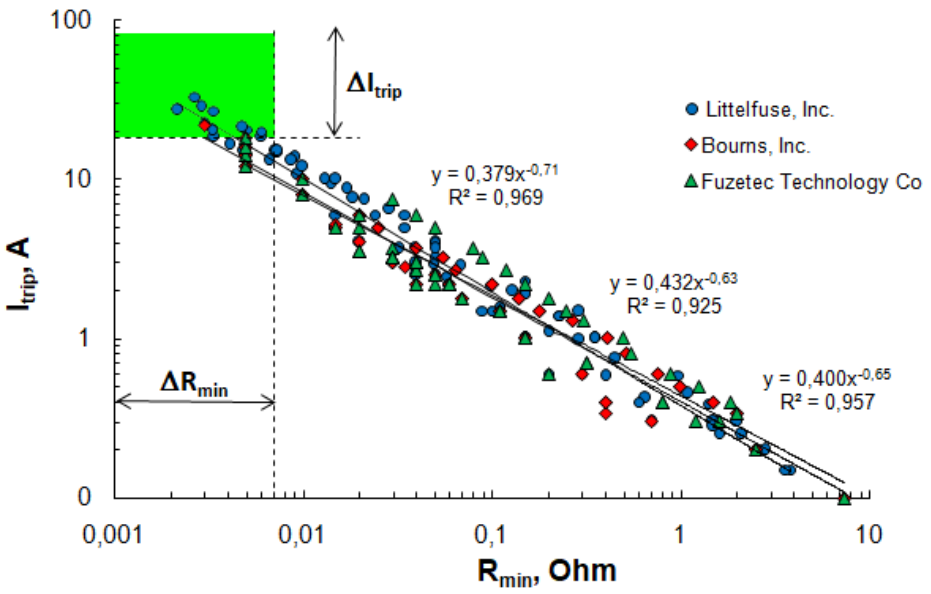


Рис. 1. Кореляція між опором в провідному стані R_{min} і струмом спрацьовування I_{trip} серійних СВЗ різних виробників (заливкою позначена область прийнятних параметрів для захисту кремнієвих фотоелементів розміром 156×156 мм)

Таким чином, можна зробити висновок про дещо обмежені можливості застосування промислових самовідновлюються запобіжників для захисту сонячних батарей побудованих на основі пластин з моно- і полікристалічного кремнію розміром 156×156 мм.

[1] Dhimish M., Holmes V., Mather P., Sibley M. Novel hot spot mitigation technique to enhance photovoltaic solar panels output power performance. Solar Energy Materials and Solar Cells, vol. 179. (2018). P. 72–79.

THE APPLICATION ANALYSIS OF INDUSTRIAL SELF-REGULATING FUSES FOR PROTECTION OF SOLAR BATTERIES PHOTOELECTRIC CELLS BASED ON PLATES OF MONO- AND POLYCRYSTALLINE SILICON FROM CURRENT OVERLOADS

A. Lyashkov
Oles Honchar Dnipro National University
alexdnu@ukr.net

The possibility of using industrial self-regulating fuses for protecting photovoltaic solar cells based on mono- and polycrystalline silicon plates 156×156 mm in size from current overloads is considered. The limits of applicability of self- regulating fuses for solving this problem are analyzed.

NANOCONES FORMATION ON A SURFACE OF Ge, Si AND GaAs BY LASER RADIATION: QUANTUM CONFINEMENT EFFECT

A. Medvid
Riga Technical University
medvids@latnet.lv

Nanostructures are the most investigated object in solid-state physics, especially the Quantum confinement effect in quantum dots, quantum wires, and quantum wells [1, 2] because in these conditions the change of conductivity and valence bands structure of a semiconductor takes place. This leads to a crucial change of the semiconductor properties such as: electro conductivity, optical parameters [3], mechanical and heating properties. It allows controlling of semiconductor properties and to design of new devices. Only some very well elaborated methods for the formation of nanostructures are known. Therefore, elaboration of new methods for nanostructures formation in Si, Ge, and GaAs is a very important task for nanoelectronics and optoelectronics. The aim of this study is to investigate nanocones' optical properties formed on a surface of semiconductors by laser radiation. Nanocones on a surface Ge single crystal were formed using the basic frequency of Nd:YAG laser intensity of 30 MW/cm^2. This structure is characterized by patterns related to C_{6i} point group symmetry covering a surface of the sample by translations symmetry [4]. In the case of Si, the nanocones are formed by the second harmonics of Nd:YAG laser intensity of 20 MW/cm^2 on the mechanically polished surface. Photoluminescence from irradiated surfaces is found in the visible range of the spectrum. Peculiarities of photoluminescence from Ge and Si nanocones could be explained by the Quantum Confinement effect in nanowires with a gradual decrease of nanowire diameter from the maximum on the base of the cone to a minimum on the top of nanocone [5]. It is a semiconductor with a graded bandgap. Photoluminescence from the surface of GaAs single crystal irradiated by the second harmonic of Nd: YAG laser at intensity 7.5MW/cm^2 is characterized by blue shift on 100 nm and increase of its intensity by 10 times in comparison with a nonirradiated sample. A shift of micro-Raman scattering spectra is good evidence of this suggestion. The calculated minimal diameters of nanowires on the top of nanocones for Ge, Si, and GaAs single crystals are 4, 9, and 11.5 nm, correspondently.

[1] Alivisatos A. P. (1996) “Semiconductor Clusters, Nanocrystals, and Quantum Dots’, Science, Vol. 271, 933-937.
[2] Brus L. E. (1984), ‘Electron–electron and electron-hole interactions in small semiconductor crystallites: The size dependence of the lowest excited electronic state’, J. Chem. Phys., 80, 4403- 44.
[3] Furukawa S., Miyasato T. (1988), ‘Quantum size effects on the optical band gap of microcrystalline Si:H’, Phys. Rev. B 38, 5726–5729.
[4] A. Medvids, Y. Fukuda, A. Michko, P. Onufrievs, Y. Anma (2005) “2D lattice formation by YAG:Nd laser on the surface of Ge single crystal”, Applied Surface Science, vol. 244, pp. 120-123.
[5] A. Medvids, A. Mycko, P. Onufrijevs, E. Dauksta (2012)” Application of Nd:YAG laser in semiconductors nanotechnology”, in “Nd YAG laser”, Ed. Dan Dumbras, INTECH.

МЕХАНІЗМИ ПРОХОДЖЕННЯ СТРУМУ В ГЕТЕРОСТРУКТУРІ Cu_2O/CdTe

І. Козярський, Е. Майструк, Д. Козярський, Г. Андрущак, Е. Касс

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

i.koziarskyi@chnu.edu.ua

Основними перевагами плівок оксиду міді як матеріалів для електроніки і сонячної енергетики є їх нетоксичність для людини, велика кількість методів виробництва і дешева мідь через її широке поширення. Крім того, оксиди міді можуть використовуватися в датчиках газу, літій-іонних акумуляторах, фотоелементах та ін.

В останні роки основним питанням розширення меж використання оксидів міді в сонячній енергетиці та електроніці є поліпшення оптичних, електричних і структурних характеристик цих оксидів. Їх особливе значення: оксид міді сильно змінює свої властивості (тип провідності, заборонену зону) в залежності від вмісту кисню.

Тому представляло інтерес дослідження вольт-амперні характеристики та встановити домінуючі механізми струмопереносу гетероструктур *p*-Cu_2O/*n*-CdTe отриманих методом ВЧ-магнетронного розпилення. Крім того, було проведено дослідження впливу світлового випромінювання на гетероструктуру *p*-Cu_2O/*n*-CdTe. Тверді розчини CdTe були обрані в якості базової підкладки через їх більш високу механічну міцність, структурну досконалість і величину ширини забороненої зони, що робить їх придатними для використання в сонячній енергетиці.

Для отримання кристалів CdTe надчистий кадмій і телур запаювали в вакуумованих кварцових ампулах. Ці ампули мали конічне дно. Після цього синтез матеріалів CdTe проводився в горизонтальних коливних печах. Кристали вирощували за методом Бріджмена в тих же ампулах. В результаті вирощування методом Бріджмена були отримані кристали циліндричної форми довжиною ~ 6 см і діаметром ~ 1 см.

Тонкі плівки Cu_2O були отримані методом високочастотного магнетронного розпилення мішені CuO. Процес напилення проводився за допомогою магнетрона, робоча частота якого становила 13,56 МГц. Для цього в якості високовакуумного насоса використовувався турбомолекулярний насос ТМН-500. Порошок оксиду міді II запресовували в алюмінієвий стакан і використовували як мішень. Внутрішній діаметр алюмінієвого стакана був значно більше діаметра робочої області розпилення (зони ерозії) магнетрона.

Тонкі плівки Cu_2O наносилися на скляні підкладки (покривне скло стандартних розмірів) для дослідження оптичних властивостей, на ситалові підкладки для дослідження електричних властивостей та на кристалічний CdTe. Підкладки закріплювали на пічці з нержавіючої сталі, яка дозволяла підтримувати температуру до 600 °С. Температуру підкладки контролювали за допомогою К-термопари.

ВАХ гетероструктури *p*-Cu_2O/*n*-CdTe вимірювали за допомогою програмно-апаратного комплексу на базі цифрового мультиметра Agilent 34410A і блоку живлення Siglent SPD 3303 X, якими керували персональним комп'ютером за допомогою програмного забезпечення створеного в середовищі LabView.

На основі отриманих ВАХ екстраполяцією прямолінійних ділянок прямих гілок визначено значення висоти потенціального бар'єру і отримано величину потенціального бар’єру при опроміненні світловим потоком. Таким чином, було встановлено, що для освітленого гетероперехода φ_k (300 K) = 1,95 еВ, а для неосвітленого φ_k (300 K) = 2,1 еВ.

З ВАХ було визначено коефіцієнт випрямлення RR для $|V|$ = 3 В і T = 300 К і встановлено, що для освітленого гетероперехода RR ≈ 35, а для неосвітленого RR ≈ 240. Ця різниця в значеннях RR пов'язана зі зменшенням опору області бази під дією світлового опромінення (CdTe), що підтверджує величина послідовного опору (R_S) освітленого гетеропереходу і, як наслідок, висота потенціального бар'єру. Послідовні опори для освітленого і неосвітленого гетероперехода *p*-Cu_2O/*n*-CdTe становили R_S = 3 Ом і R_S = 6,4 Ом, відповідно.

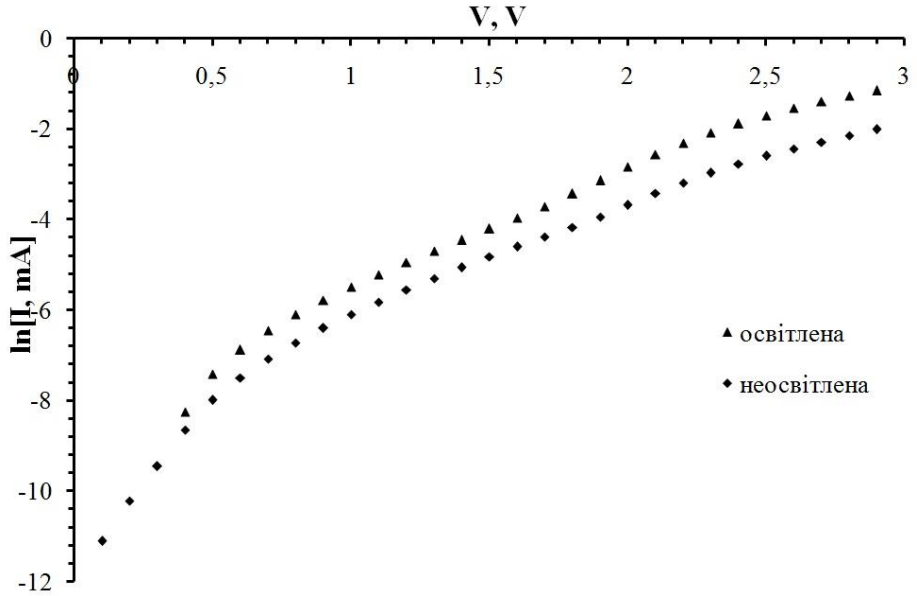


Рис. 1. Прямі гілки ВАХ *p*-Cu_2O/*n*-CdTe у напівлогарифмічних координатах (T = 300 К)

Як видно з рис. 1, на ВАХ, побудованих в напівлогарифмічних координатах, спостерігаються прямолінійні ділянки при малих (0 В < V < 0,7 В) і великих (0,7 В < V < 2,1 В) зміщеннях. Таким чином було визначено показник неідеальної ВАХ для кожної ділянки освітленого і неосвітленого гетероперехода *p*-Cu_2O/*n*-CdTe. Для освітленого і неосвітленого гетероперехода були отримані наступні значення показника неідеальної: малі зміщення (0 В < V < 0,7 В) n ≈ 5 і великі зміщення (0,7 В < V < 2,1 В) n ≈ 15. Аналіз отриманих результатів показав, що при малих і великих зміщеннях переважає тунельний механізм проходження струму.

Залежність $\ln I_{rev} = f(\varphi_0 - qV)^{-1/2}$ для зворотної гілки ВАХ є прямою лінією, що також вказує на те, що тунельний механізм проходження струму є домінуючим.

CURRENT TRANSFER MECHANISMS IN Cu_2O/CdTe HETEROSTRUCTURE

I. Koziarskyi, E. Maistruk, D. Koziarskyi, G. Andrushchak, E. Kass
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
i.koziarskyi@chnu.edu.ua

The *p*-Cu_2O/*n*-CdTe heterostructure was obtained by RF-magnetron sputtering of the CuO target on a CdTe crystal substrate. From studies of current-voltage characteristics it was found that the obtained heterostructures have rectifying properties. The height of the potential barrier, the value of the series resistance and the dominant mechanism of current transfer were determined.

СВІТЛОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕТЕКТОРА ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ГРАФЕН/CdTe

М. Солован, А. Мостовий, Я. Мицканюк
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
a.mostoviy@chnu.edu.ua

Графен є двохвимірним матеріалом, який володіє унікальними електричними і оптичними властивостями [1]. Графен є перспективним матеріалом для застосування у якості фронтального електричного контакту для детекторів різного типу випромінювання, який широко використовується в науці, техніці, медицині та інших галузях. Завдяки великим атомним числам компонент сполуки (48 для Cd і 52 для Te), робочий діапазон детекторів CdTe поширюється на більш високу область енергії фотонів (до 1 МеВ) у порівнянні з детекторами Si, а ширина забороненої зони CdTe (~1,5 еВ при 300 К) дозволяє працювати детекторам на основі CdTe в широкому діапазоні температур без спеціального охолодження [2].

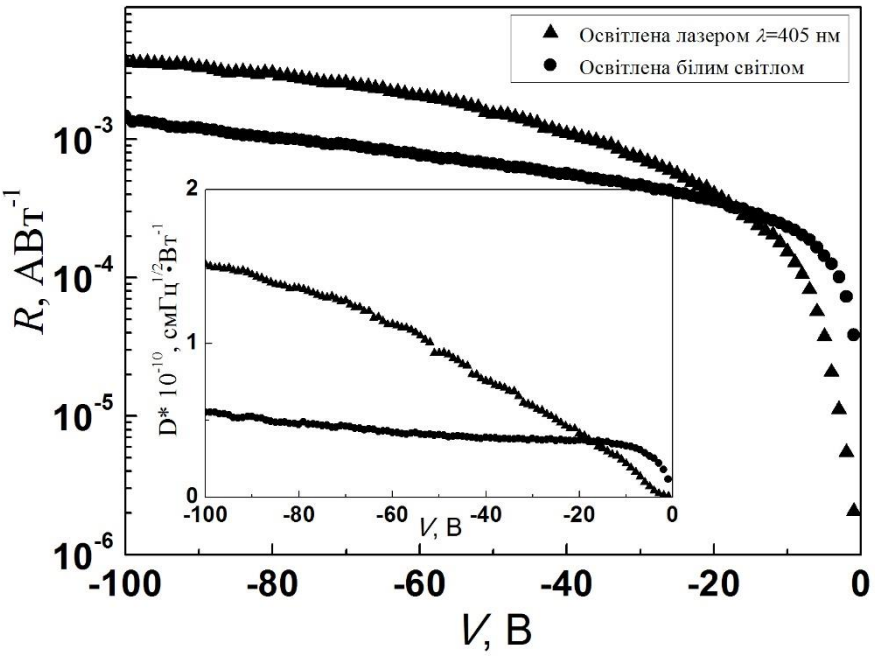


Рис. 1. Залежність чутливості структури від напруги при освітленні лазерами та білим світлом. На вставці – залежність детективності структури від напруги

Високоякісний графен великої площі був вирощений методом хімічного осадження з парової фази (CVD) на мідних підкладках. Після механічного полірування мідної фольги вона послідовно промивалася в ультразвуковій ванні ацетону та ізопропилового спирту, протравлювалася в оцтовій кислоті і промивалася деіонізованою водою. Потім мідна фольга переміщалася у високотемпературну вакуумну піч. Шар власного окислу видалявся шляхом високотемпературного відпалу мідної фольги в атмосфері високочистого водню. На другому етапі до потоку газоподібного водню додавали метан (CH4) для початку вирощування графену. Графен осаджували при температурі 1050 °C. Після охолодження шари графену переносили на підготовлені підкладки CdTe. Для цього графен додатково захищався тонким шаром нітроцелюлози,

який наносився методом спінкоутингу зверху на структуру графен/мідь. Потім мідь розчинялася в концентрованому водному розчині хлориду заліза або амонію персульфату. В результаті отримувалась вільно плаваюча система шар нітроцелюлози/графен, яка промивалася декілька разів у деіонізованій воді для видалення всіх залишкових домішок після процесу травлення. Наступним кроком було перенесення захищеного графену на підкладку CdTe з подальшим видаленням захисного шару нітроцелюлози промиванням в ацетоні.

Отримана структура графен/CdTe була досліджена при різних умовах освітлення. Структура досліджувалась при освітленні лазером з довжиною хвилі 405нм, а також при освітленні білим світлом.

Для оцінки можливості використання структури в якості фоточутливого датчика, було досліджено чутливість структури (R) (рис.1), а також детективність (D*) (вставка рис.1). Як видно з рисунка, досліджувана структура виявилась більш чутливою до лазерного випромінювання з довжиною хвилі 405 нм, а при освітленні білим світлом спостерігається вже менша чутливість. При збільшенні напруги зворотного зміщенням спостерігається збільшення чутливості, що відбувається за рахунок збільшення області просторового заряду та збільшення ефективності розділення пар носіїв зарядів. Аналогічно до чутливості, детективність залежить від типу падаючого на структуру світла, і видно, що при довжині хвилі падаючого світла 405 нм структура володіє найбільшим значенням детективності, а при освітленні білим світлом значення детективності вже менші.

[1] Xu K. Zeng C., Zhang Q., Yan R., Ye P., Wang K., Seabaugh A.C., Xing H.G., Suehle J.S., Richter C.A., Gundlach D.J., Nguyen N.V. Direct Measurement of Dirac Point Energy at the Graphene/Oxide Interface. Nano Lett. Vol. 13. (2013). P. 131–136.

[2] Brus V.V. Maslyanchuk O.L., Solovan M.M., Maryanchuk P.D., Fodchuk I., Gnatyuk V.A., Vakhnyak N.D., Melnychuk S.V., Aoki T. Graphene/semi-insulating single crystal CdTe Schottky-type heterojunction X- and γ-Ray Radiation Detectors. Scientific Reports. Vol. 9. (2019). P.1065.

LIGHT CHARACTERISTICS OF THE GRAPHENE/CdTe RADIATION DETECTOR

M. Solovan, A. Mostovyi, Y. Mytskanyuk
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
a.mostoviy@chnu.edu.ua

In this work, we developed a semiconductor detectors based on a large area graphene/semi-insulating single crystal CdTe Schottky-type heterojunction. It was fabricated by forming a Van der Waals contact between large area chemical vapor deposited graphene and CdTe substrates in air and at room temperature.

The I-V characteristics for the graphene/CdTe were measured, and also the parameters of the structure when illuminated by white light and a laser with a wavelength of 405 nm were investigated.

The performance of the photodetector was quantified by determining the sensitivity (R) and detective (D *), which reflect the sensitivity of the photodetector to incident radiation.

ВПЛИВ ПОВЕРХНЕВИХ СТАНІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПРОФІЛЬ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІЗОТИПНИХ ГЕТЕРОПЕРЕХОДІВ *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl

І. Орлецький, М. Ілащук, Е. Майструк, М. Солован, І. Козярський, Д. Козярський, Є. Грабштейн

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

i.orletskyi@chnu.edu.ua

Широкозонний напівпровідник TiN (E_g = 3,4 еВ), який характеризується високим коефіцієнтом пропускання у видимій та ближній інфрачервоній областях спектра (T = 70 – 80 %), а також значною концентрацією електронів (n = 10^{18} – 10^{19} см$^{-3}$) є перспективним матеріалом для виготовлення фронтального шару у фотоприймачах та фотоперетворювачах для вказаного оптичного діапазону [1]. Оптимальна для фотоелектричного перетворення енергії ширина забороненої зони (E_g = 1,5 еВ) та високий коефіцієнт фундаментального поглинання (α = 10^5 см$^{-1}$) сприяють застосуванню CdTe в таких структурах як ефективного поглинача.

Ізотипні гетеропереходи *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl виготовлялися нанесенням тонких плівок TiN на свіжосколоті кристалічні підкладинки базового матеріалу методом реактивного магнетронного розпилення мішені чистого титану в атмосфері суміші азоту і аргону при постійній напрузі. Температура підкладки становила 570 К. Монокристали CdTe:Cl вирощували вертикальним методом Бріджмена при невисокому тиску парів кадмію в ампулі. Концентрація легуючої домішки в розплаві становила ~ $2\cdot10^{18}$ см$^{-3}$. Кінетичні коефіцієнти кристалів CdTe:Cl при T = 295 К дорівнювали: питома електропровідність σ = 0,12 Ом$^{-1}\cdot$см$^{-1}$, концентрація та холлівська рухливість електронів n = $8{,}7\cdot10^{14}$ см$^{-3}$, μ_H ≈ 850 см$^2\cdot$В$^{-1}\cdot$с$^{-1}$, відповідно. Товщина досліджуваних плівок TiN, визначена із отриманих на електронному скануючому мікроскопі зображень, становила ~ 100 нм. Аналіз спектрів раманівського розсіювання та рентгенівських дифрактограм показав, що отримані плівки TiN є полікристалічними з розміром зерен ~ 15 нм, а їх склад є стехіометричним. Розрахована з електричних вимірювань концентрація електронів становила $n \approx 5\cdot 10^{18}$ см$^{-3}$.

Вольт-амперні характеристики (ВАХ) гетеропереходів *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl вимірювали за допомогою апаратно-програмного комплексу, реалізованого на базі платформи Arduino, цифрового мультиметра Agilent 34410A та програмованого джерела живлення Siglent SPD3303X, які керувались персональним комп’ютером за допомогою програмного забезпечення, створеного авторами у середовищі LabView. Вимірювання вольт-фарадних характеристик (ВФХ) структур проводили на вимірювальному приладі LCR Meter BR2876.

ВАХ досліджуваних ізотипних гетеропереходів *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl при прямих (позитивний потенціал на плівці TiN) та зворотних (позитивний потенціал на CdTe:Cl) напругах, виміряні в температурному діапазоні T = 295 – 340 К характеризуються діодними властивостями. Визначений при $|V|$ = 1,5 В та T = 295 К коефіцієнт випрямлення становив ~ $5\cdot10^3$. Значення напруги, яка відповідає стрімкому збільшенню прямого струму, оцінювалося методом екстраполяції лінійних ділянок прямих гілок ВАХ до осі напруг і становило 1,28 В.

За аналізом ВФХ досліджувані гетероструктури *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl відносяться до різких бар’єрних структур з рівномірним розподілом домішки в області просторового заряду. Визначена за відомою методикою висота потенціального бар’єра становила $q\varphi_k$ = 1,3 еВ, що добре співпадає зі значенням, яке оцінювалося при аналізі прямих гілок

ВАХ. Розрахована на основі прямолінійних ділянок залежностей $C^{-2} = f(V)$ концентрація електрично активної домішки в області просторового заряду дорівнювала $N_D = 2{,}5 \cdot 10^{14}$ см$^{-3}$, що добре узгоджується з концентрацією електронів у базовому матеріалі та підтверджує формування електричного переходу в *n*-CdTe:Cl. Визначена товщина зарядової області становила $d = 2{,}5$ мкм.

Згідно моделі формування гетеропереходів за співвідношенням термодинамічних робіт виходу електронів CdTe (A = 4,49 еВ) та TiN (A = 4,45 еВ) у ізотипному гетеропереході *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl відсутні умови утворення бар'єра з випрямляючими властивостями, що суперечить експерименту. Діодні властивості досліджуваних структур пояснюються теорією ізотипних гетеропереходів, в яких потенціальний бар'єр утворюється внаслідок захоплення носіїв заряду з об'єму напівпровідників електрично активними поверхневими станами. Стани на металургійній межі утворюються через розбіжність параметрів кристалічних граток. Густина поверхневих станів N_{SS}, які відповідають дислокаціям невідповідності на гетеропереході *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl становить $N_{SS} \approx 6{,}64 \cdot 10^{13}$ см$^{-2}$.

Основними механізмами струмопереносу у виготовлених гетероструктурах *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl, як при прямому, так і зворотному зміщеннях, є тунелювання електронів крізь бар'єр із зони провідності *n*-CdTe:Cl та *n*-TiN, відповідно, за участю донорного рівня E_c - 0.2 еВ, який в кристалах телуриду кадмію відповідає двохкратно іонізованим міжвузловим атомам кадмію Cd_i^{++}.

[1] Solovan M.N., Brus V.V., Maistruk E.V., Maryanchuk P.D. Electrical and Optical Properties of TiN Thin Films. Inorganic Materials. Vol. 50. (2014). P. 40–45.

INFLUENCE OF SURFACE STATES ON THE ENERGY PROFILE AND ELECTRICAL PROPERTIES OF ISOTYPE *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl HETEROJUNCTIONS

I. Orletskyi, M. Ilashchuk, E.Maistruk, M. Solovan, I. Koziarskyi, D. Koziarskyi, Y. Hrabshtein

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

i.orletskyi@chnu.edu.ua

Isotype *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl heterojunctions were fabricated by sputtering thin TiN films on freshly cleaved crystalline substrates of the base material by the method of reactive magnetron sputtering and were characterized by diode properties with a rectification ratio of |~ $5 \cdot 10^3$ at $|V|$ = 1.5 V and T = 295 K. Based on the analysis of the capacitance-voltage characteristics of the investigated *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl structures, it is shown that the current rectification is due to the existence of a potential barrier ($q\varphi_k$ = 1.3 eV) in the CdTe:Cl near-surface layer. The calculated concentration of the electrically active impurity and the thickness of the charge region were $N_D = 2.5 \times 10^{14}$ cm^{-3} and d = 2.5 μm, respectively. It is found that surface energy states at the semiconductor interface play a significant role in the formation of a potential barrier. The main mechanisms of current transfer in the fabricated *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl heterostructures, both at forward and reverse bias, are electron tunneling with the participation of doubly ionized internodal cadmium atoms Cd_i^{++}. The electrical properties are in good agreement with the proposed model of the energy diagram of the *n*-TiN/*n*-CdTe:Cl heterojunction.

ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВАРИСТОРІВ НА ОСНОВІ SnO_2 З ДОМІШКОЮ ОКСИДУ НІОБІЮ

О. Гапонов, А. Мельников
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
alexei_gaponov@ukr.net

Керамічні варистори на основі різних оксидів використовуються для захисту приладів електроніки та енергетики від перенапруги. Останнім часом широко досліджуються варистори на основі оксидно-олов'яної напівпровідникової кераміки. Вони мають достатньо велике значення коефіцієнта нелінійності β, але і досить велике значення струму витоку і, відповідно, велике значення питомої електропровідності у слабкому полі σ. Для зменшення значення σ оксидно-олов'яної кераміки та зменшення питомого опору її зерен ρ було запропоновано ввести до складу матеріалів, що використовуються для створення зразків, оксид ніобію Nb_2O_5 та провести дослідження електричних характеристик отриманих варисторів.

Зразки кераміки (98,45-x) SnO_2 - 0,5 Bi_2O_3 - 1,0 Co_3O_4 - x Nb_2O_5 - 0,05 Cr_2O_3 (мол. %), де x = 0,1; 0,3; 0,75; 1,0; 1,5 мол. %, були виготовлені за традиційною керамічною технологією (аксіальний тиск пресування – 160 МПа, температура спікання – 1350ºС протягом 3 годин). Одержані електричні характеристики варисторів представлені на рис. 1 і 2, обчислені параметри зразків наведені в табл. 1.

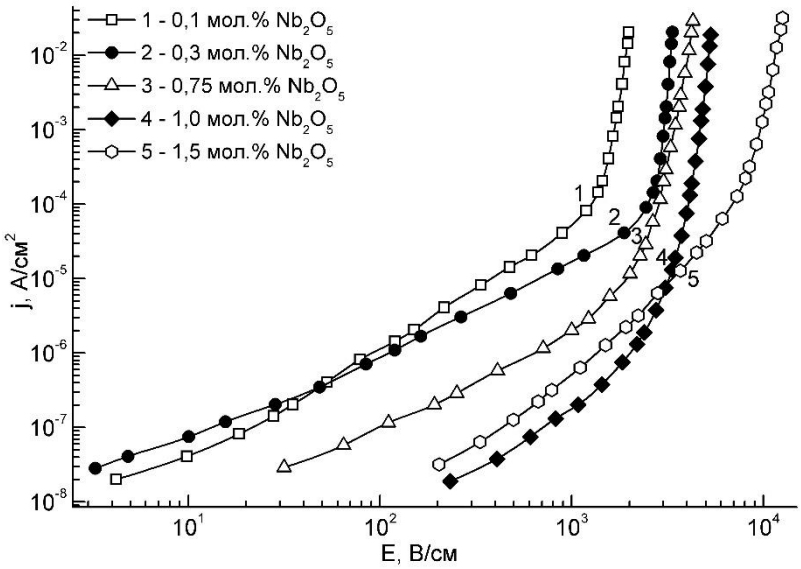


Рис. 1. Залежності густини струму *j* від напруженості електричного поля *E* кераміки SnO_2 - Bi_2O_3 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3 з різною концентрацією домішки оксиду Nb_2O_5

Табл. 1. Параметри кераміки SnO_2 - Bi_2O_3 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3 з різною концентрацією домішки Nb_2O_5

Nb_2O_5, мол. %	γ, %	β	E_1, В·см$^{-1}$	σ, Ом$^{-1}$·см$^{-1}$	E_σ, еВ
0,1	10	60	1670	$4{,}8\cdot10^{-9}$	0,83
0,3	9	67	2890	$5{,}7\cdot10^{-9}$	0,86
0,75	14	49	3430	$9{,}2\cdot10^{-10}$	0,59
1,0	14	62	4670	$8{,}1\cdot10^{-11}$	0,63
1,5	13	46	9540	$1{,}6\cdot10^{-10}$	0,54

Розраховані значення коефіцієнта нелінійності β = 46 – 67 (табл. 1) досить великі для всіх досліджених варисторів. При збільшенні у складі кераміки концентрації оксиду Nb_2O_5 від 0,1 до 1,5 мол. % збільшується значення класифікаційної напруженості електричного поля E_1 від 1670 до 9540 В/см, але зменшується електропровідність у слабкому полі σ (рис. 1). Найменше значення $\sigma = 8{,}1\cdot10^{-11}$ Ом$^{-1}$·см$^{-1}$ має кераміка з концентрацією домішки Nb_2O_5 1 мол. %. У такій кераміці нелінійність ВАХ велика (β = 62) і усадка зразків γ при спіканні достатньо значна (γ = 14).

За допомогою графіків температурної залежності електричної провідності (рис. 2) для всіх досліджених зразків були обчислені значення енергії активації електропровідності E_σ. Потенціальні бар'єри, що утворюються на межах кристалітів SnO_2 під час спікання зразків, мають досить велику висоту (E_σ = 0,54 – 0,86 еВ) і контролюють протікання електричного струму крізь варистори. Отримані значення E_σ корелюють зі значеннями коефіцієнта нелінійності β (табл. 1). Достатньо великий вміст оксиду Nb_2O_5 у зразках (1,5 мол. %) призводить до зменшення висоти потенціальних бар'єрів на межах кристалітів SnO_2 і меншої нелінійності ВАХ варисторів.

Таким чином, збільшення концентрації донорної до оксиду олова домішки оксиду ніобію в оксидно-олов'яній кераміці призводить до зменшення струму витоку зразків і невеликому збільшенню робочої напруги варисторів.

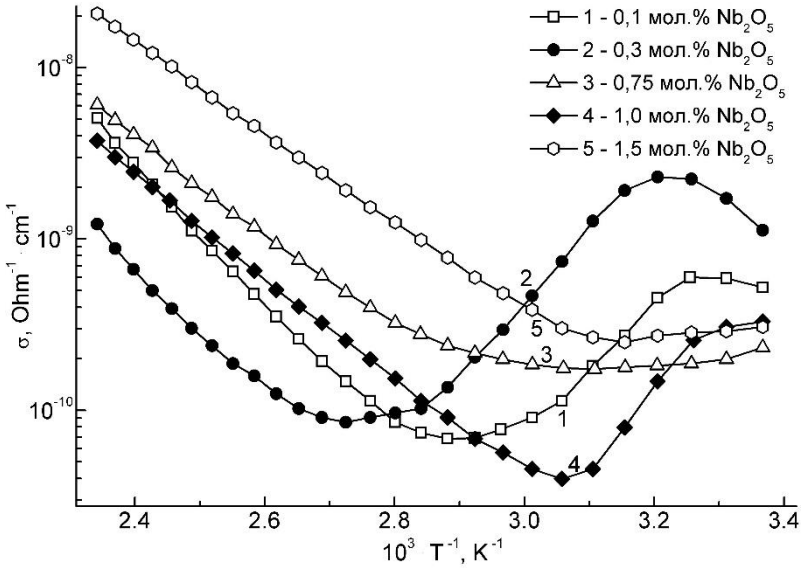


Рис. 2. Температурні залежності електричної провідності кераміки SnO_2 - Bi_2O_3 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3 з різною концентрацією домішки оксиду Nb_2O_5

THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF SnO_2-BASED VARISTORS WITH NIOBIUM OXIDE ADDITION

O. Gaponov, A. Melnikov
Oles Honchar Dnipro National University
alexei_gaponov@ukr.net

The enhancement of Nb_2O_5 addition to the SnO_2 - Bi_2O_3 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3 ceramic system resulted in the lower leakage current and higher breakdown electric field E_1 of varistors. The optimal concentration of Nb_2O_5 addition in SnO_2-based varistors is 1 mol. %.

ОТРИМАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ДЖЕРЕЛ ПОЛЯРИЗОВАНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА β-ZnS

М. Сльотов, О. Сльотов, О. Кінзерська
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
M.Slyotov@chnu.edu.ua, O.Slyotov@chnu.edu.ua

Важливою проблемою сучасної електронної техніки є розширення функціональних можливостей приладів. Серед них важливого значення набувають різного типу світловипромінювачі та фотосенсори. Для них актуальним є розширення функціональних можливостей. Відповідно актуальним є створення приладів для поляризаційної оптоелектроніки. Використовувані в них широкозонні II-VI сполуки забезпечують високу ефективність поляризованого випромінювання і фоточутливість внаслідок легування ізовалентними домішками [1]. До того ж, важливим є опанування короткохвильового діапазону, включаючи ультрафіолетову область.

Досліджувалася люмінесценція кристалів сульфіду цинку β-ZnS, які легувались ізовалентною домішкою (ІВД) магнію. Легування проводилось методом дифузії у зачиненому об'ємі при $T \sim 900$ °C. Встановлено, що домішка Mg істотно збільшує інтенсивність випромінювання у синьо-фіолетовій області. Дослідження квантової ефективності встановили її величину – $\eta \approx 14$ %. Визначено режими легування, за якими не змінюється хімічний склад базової речовини β-ZnS. Це підтверджується результатами досліджень її оптичних властивостей. Для цього використовувалася λ-модуляція, яка істотно підвищувала чутливість і роздільну здатність вимірювань [2]. Визначено за λ-модульованими оптичним поглинанням і відбиванням тип і параметри зонної структури, за якими величина ширини забороненої зони становить E_g = 3,68 еВ, а спін-орбітальної взаємодії Δ_{SO} = 0,08 еВ. Отримані значення корелюють з літературними даними, що вказує на відсутність утворення твердого розчину $Zn_{1-x}Mg_xS$ при визначених умовах легування.

Встановлено, що легування ІВД Mg обумовлює формування поляризованого випромінювання у β-ZnS:Mg. Поляризація люмінесценції досліджувалася за відомою методикою [3]. Отримано характерні спектри і визначено складові смуги з максимумами при енергіях фотонів $\hbar\omega$ 3,11 еВ; 2,95 еВ; 2,72 еВ; 2,58 еВ, рис. 1. Зазнає істотних змін спектральний розподіл в області енергій квантів $\hbar\omega$ = 2,6-3,0 еВ. Інтенсивність випромінювання складових істотно змінюється відповідно до орієнтації вектора поляризації. Відповідно змінюється сумарний спектр поляризованого випромінювання на легованих ізовалентною домішкою кристалах з кубічною кристалічною граткою, що є важливою передумовою створення джерел поляризованого випромінювання.

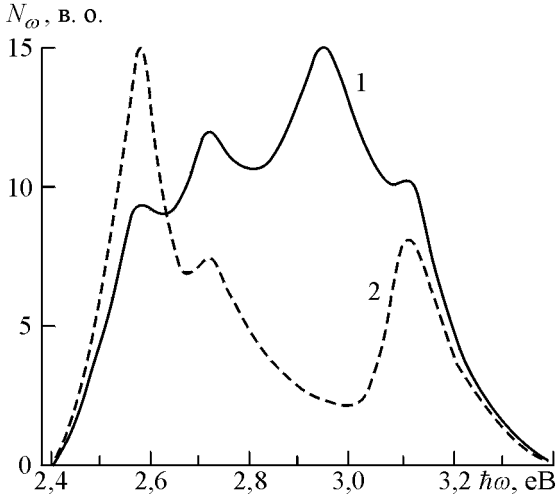


Рис. 1 Спектри люмінесценції β-ZnS:Mg при перпендикулярних поляризаціях: 1 – вертикальна, 2 - горизонтальна

Природа поляризації може бути пояснена з наступної моделі можливих фізичних процесів. Загальновідомо, що легування напівпровідників ізовалентними домішками обумовлює процеси зміни тетраедричної конфігурації у їх структурі. Відповідно до кулонівського наближення при взаємодії атомів гратки утворюються ефективні заряди Q^*_{AB} атомів сполуки і легуючої ІВ домішки $Q^*_{CB(AC)}$. Вони впливають на взаємне розташування атомів , що супроводжується локальним зміщенням катіону *A* (чи аніону *B*) сполуки у напрямку легуючого атому *C*. Відповідні зсуви можуть бути визначені за відповідними кристалохімічними параметрами кристалічної гратки відповідно до моделі процесів, що враховує ефективні заряди $Q^*_{CB(AC)}$ та Q^*_{AB}. За отриманими результатами можливо визначити зсуви атомів з центра тетраедра. Відповідна асиметрія розташування локальних центрів внаслідок деформацій у гратці обумовлює оптичну анізотропію.

Отримані результати досліджень люмінесценції свідчать про формування поляризованого випромінювання. Зазначимо, що саме асиметрія розташування локальних центрів визначає поляризаційний характер випромінювання у досліджуваному β-ZnS з кубічною кристалічною граткою. Вона істотно збільшується у матеріалах з гексагональною модифікацією гратки [1]. Зазначимо, що атоми домішок у кристалічній гратці розташовуються хаотично відповідно до їх концентрації *N*. Функція розподілу $N(r)$ змінюється відповідно до їх положення (розташування) r і визначає характер заміщення з утворенням донорних чи акцепторних станів. Відповідно до неї формується інтенсивність флуоресценції, переріз захоплення та ймовірність рекомбінації. Можливо припустити, що така хаотичність впливає на процеси формування складових сумарного спектру. Саме ізовалентний характер легуючої домішки обумовлює високу квантову ефективністю $\eta = 14\%$ і поляризацію випромінювання.

[1] Slyotov M.M., Slyotov O.M. Preparation and luminescent properties of zinc sulfoselenide thin films. Physics and Chemistry of Solid State. Vol. 20, N 4. (2019). P. 354-359.
[2] Makhniy V.P., Slyotov M.M., Stets E.V., Tkachenko I.V., Gorley V.V., Horley P.P. Application of modulation spectroscopy for determination of recombination center parameters. Thin Solid Films. N450. (2004). P. 222-225.
[3] Воробьев Ю.В., Добровольский В.И., Стриха В.И. Методы исследования полупроводников. Киев: Вища школа. (1988). 232 с.

PREPARATION AND INVESTIGATION OF SOURCES OF POLARIZED RADIATION ON β-ZnS

M. Slyotov, O. Slyotov, O. Kinzerska
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
M.Slyotov@chnu.edu.ua, O.Slyotov@chnu.edu.ua

Polarized luminescence of cubic β-ZnS due to doping with an isovalent impurity Mg was obtained. It is shown that according to the effective charges of atoms, the change of tetrahedra of their location determines the local internal anisotropy of the location of the centers, which causes the polarization of radiation with high quantum efficiency $\eta = 14\%$.

СТРУКТУРНІ, СУБСТРУКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД НАНОЧАСТИНОК ZnO ЛЕГОВАНОГО АЛЮМІНІЄМ ТА ІНДІЄМ

М. Єрмаков, Р. Пшеничний, В. Євдокименко, А. Опанасюк
Сумський державний університет
m.yermakov@ekt.sumdu.edu.ua

В останні роки увагу дослідників до себе привернули оксиди металів, які поєднують в собі низький питомий опір та прозорість. Найбільш інтерес серед них викликала сполука ZnO, яка має унікальні фізико-хімічні властивості для застосування в гнучкій електроніці, геліоенергетиці, датчиках газу, тощо. Серед переваг цієї сполуки варто вказати високу поширеність складових, їх нетоксичність та високі значення хімічної стійкості. Для підвищення електричних та оптичних характеристик ZnO проводять його легування домішками металів Al, In. В результаті легування можна отримати матеріал, який може стати дешевим аналогом дорогого оксида індію-олова (ITO).

Синтезовані наночастинки ZnO легованого алюмінієм та індієм, розглядаються як основа для створення ноночорнил за допомогою яких будуть отримуватися тонкі плівки оксиду для потреб електроніки методом друку. Щоб досягти поставленої мети, визначення оптимальних умов синтезу наночастинок, в роботі проведені дослідження їх структурних, субструктурних, морфологічних характеристик і хімічного складу.

Наночастинки ZnO леговані Al та In були одержані методом поліольного синтезу. При синтезі зразків ZnO:Al було взято солі $Zn(CH_3COO)_2{\cdot}2H_2O$ та $Al(NO_3)_3{\cdot}10H_2O$ загальною кількістю речовини 0,01 моль з мольною часткою солі алюмінію 1, 2, 3, 5, 7 та 10 %, в свою чергу для синтезу ZnO:In використовувалися солі $Zn(CH_3COO)_2{\cdot}2H_2O$ та $InCl_3{\cdot}3H_2O$ загальною кількістю речовини 0,01 моль з мольною часткою солі індію 1, 2, 3, 5, 7 та 10 %, вказані солі поміщали у двогорлу колбу на 50 мл та заливали 10 мл EG. Одержані суміші нагрівали в колбонагрівачі з інтенсивним перемішуванням тефлоновою мішалкою. Після досягнення температури 160 ºС суміші витримували 60 хв. Далі суміші охолоджували до кімнатної температури та відділяли синтезований продукт від органічної складової (EG). Очищенні зразки ZnO(Al) та ZnO(In) сушили при температурі 60 °С упродовж 24 год.

Структурні дослідження отриманих матеріалів були проведені на рентгенівському дифрактометрі ДРОН 4-07 у Ni-фільтрованому K_α випромінюванні мідного анода при таких встановлених параметрах роботи рентгенівської трубки: U = 30 кВ; I = 20 мА. Діапазоні кутів 2θ для знімання брався в межах від 20 до 80^0, де 2θ – брегівський кут. Морфологію синтезованих наночастинок досліджували за допомогою просвічувальної (TEM, SELMI) та сканувальної електронної мікроскопії (SEO-SEM Inspect S50 B).

На рис. 1 наведені результати дослідження рентгендифрактометричним методом нанокристалів ZnO легованих Al та In при різному їх вмісті. Відповідно до них у зразках ZnO:Al спостерігається тільки гексагональна фаза ZnO до концентрації Al 2% включно у прекурсорі. При подальшому збільшенні вмісту Al починає з’являтися вторинна фаза Al_2O_3. В свою чергу для нанокристалів ZnO:In однофазна структура спостерігалася до вмісту1% включно у прекурсорі, а далі спостерігається утворення вторинних фаз InOOH та In_2O_3.

Відповідно до аналізу одержаних результатів було зроблено висновок, що оптимальний вміст легуючого матеріалу, при якому зберігається однофазна структура нонокристалів, для Al дорівнює 2%, а для In – 1%.

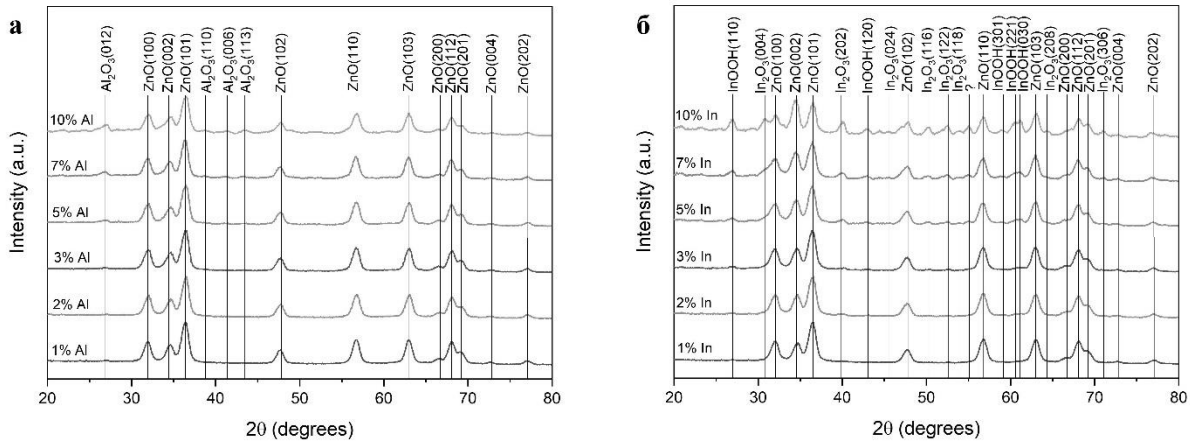


Рис. 1. Рентгенограми нанокристалів ZnO легованих Al(а) та In(б) при різному їх вмісті

За дифрактометричними даними ми розрахували структурні та субструкцтурні характеристики наночастинок. В результаті цього було виявлено, що при збільшені концентрації алюмінію у зразках період гратки *a* збільшувався від значень *a* = 0,3245 нм до *a* = 0,3257 нм, в той же час стала *c* матеріалу змінювалася слабко (c = 0,5214 – 0,5211 нм), аналогічне збільшення значень сталих гратки *a* та *c* відбувалося при збільшені концентрації індію у нанокристалах від *a* = 0,3255 нм до *a* = 0,3258 нм, від *c* = 0,5216 нм до 0,5221 нм.

Дослідження хімічного складу синтезованих наночастинок проводилося за допомогою EDX-аналізу. Результати досліджень підтвердили успішне включення атомів Al та In в структуру нанокристалів ZnO.

Нанокристали ZnO легованих Al та In, дослідження який було проведено в цій роботі, мають характеристики, які роблять їх перспективними для використання в якості матеріалу для створення функціональних шарів приладів геліоенергетики та гнучкої електроніки.

STRUCTURAL, SUBSTRUCTURAL, MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND CHEMICAL COMPOSITION OF ZNO NAPARTICLES DOPED WITH ALUNINIUM AND INDIUM

M. Yermakov, R. Pshenychnyi, V. Yevdokymenko, A. Opanasyuk
Sumy State University.
m.yermakov@ekt.sumdu.edu.ua

In this work, we investigated the effect on structural substructural, morphological characteristics and chemical composition of ZnO nanoparticles doped with aluminum and indium at their content of 1.0, 2.0, 3.0, 5.0, 7.0, 10.0%, which were obtained by polyol synthesis. As a result of research, the optimal content of alloying material was revealed, at which the homogeneity of the structure of nonocrystals is preserved, which is 2.0% for Al and 1.0% for In.

ПОЛІМЕРНИЙ КОМПОЗИТ НА ОСНОВІ ВАРИСТОРНОЇ КЕРАМІКИ

В. Макаров
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
mvo13@ukr.net

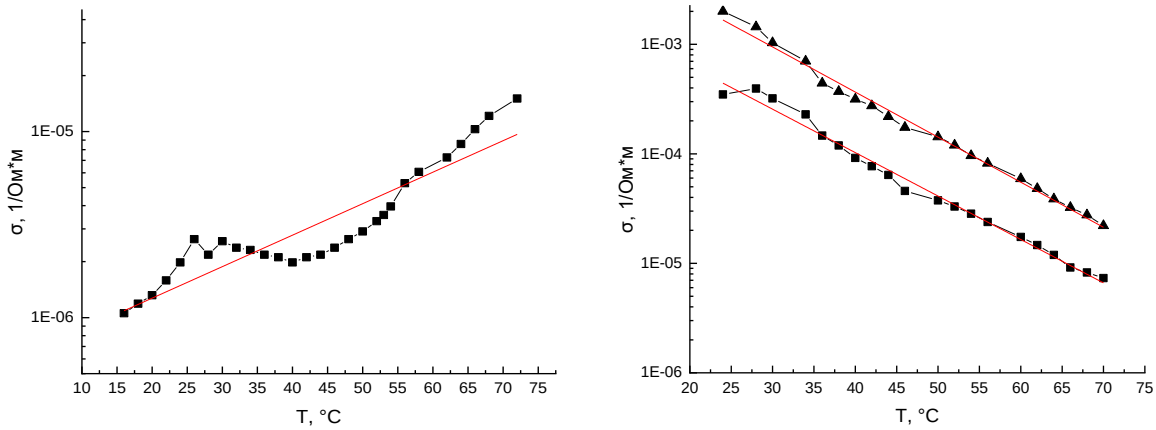
Полімерні композити – це неоднорідні матеріали в яких провідникова фаза використовується в якості наповнювача в полімерній діелектричній матриці. На основі композиту поліетилен-графіт вже створені самовідновлювальні запобіжники [1]. Для виготовлення полімерних композитів з іншими електричними властивостями, крім вуглецю використовують оксиди металів.

Полімерні композити на основі оксидів металів широко застосовуються для створення газових датчиків. Показано [2], що композити типу полімер-ZnO мають нелінійну вольт-амперну характеристику і можуть бути використані в якості варисторів [3].

У даній роботі наведені результати дослідження електричних властивостей композитів на основі оксидно-цинкової варисторної кераміки в якості наповнювача. В якості матриці використовувався поліетилен низької щільності або поліпропілен. Було виготовлено зразки композитів поліетилен-порошок подрібненої цинк-оксидної варисторної кераміки, процентний вміст якого варіювався в межах від 14% до 84% об’ємної долі, та зразки з поліпропіленом в яких вміст варіювався в межах від 12% до 30%.

Нагрівання шихти здійснювали до переходу поліетилену (поліпропілену) в в'язкотекучий стан, після чого матеріали механічно примушували. Охолоджений до кімнатної температури композит подрібнювали і формували у вигляді дисків під тиском ~ 10 МПа. У торці дисків упресовується електроди з дрібнокомірчастої мідної сітки. Вторинну термообробку проводили в пресформі при надлишковому тиску ~ 0,1 МПа і температурі 120°С протягом години.

Вольт-амперні характеристики синтезування композитів були слабонелінійні ($\beta \approx 2$-4). Температурні залежності питомої електропровідності композиту полімер-варисторна кераміка в інтервалі температур 16-72℃ при різній об'ємній частці провідного наповнювача наведені на рис. 1.



(а) **(б)**

Рис. 1. Температурні залежності провідності композиту поліпропілен-варисторна кераміка (а), (V_d = 20%) та композиту поліетилен-варисторна кераміка (б) (трикутники – V_d = 37%, квадрати – V_d = 45%)

З рис. 1 можна побачити, що провідність, в зразках із поліетилену, знижується. Цей процес відбувається через високий коефіцієнт лінійного розширення поліетиленової матриці в порівнянні з частинками варисторної кераміки. Поліпропіленова матриця майже не розширялась. Для зразку на основі поліпропілену електропровідність при збільшенні температури також зростає, це пов'язано з тим, що основним чинником при зміні електропровідності є збільшення провідності напівпровідникового наповнювача, а не розширення полімерної матриці як у випадку зразків на основі поліетилену.

[1] Гавриков В. Самовосстанавливающиеся PTC-предохранители для защиты от токовых перегрузок. *Новости электроники*, № 12. (2014). С. 11-15.
[2] A.Yu. Lyashkov, A.S. Tonkoshkur, Varistor composites with a positive temperature coefficient of resistance. *Tech. Phys.*, 56, (2011). P. 427–428.
[3] Валеев Х. С., Квасков В. Б. Нелинейные металлоксидные полупроводники. Москва: Энергоиздат. (1983), 160 с.

POLYMER COMPOSITE BASED ON VARISTOR CERAMICS

V. Makarov
Oles Honchar Dnipro National University
mvo13@ukr.net

The results of studying the electrical properties of polyethylene-varistor ceramics and polypropylene-varistor ceramicscomposites are presented. The current-voltage characteristics of both composites are weakly nonlinear (β = 2-4). As the temperature rises, the electrical conductivity in samples based on polyethylene decreases, but the electrical conductivity increases in samples based on polypropylene.

ПОВЕДІНКА А-ЦЕНТРІВ ПРИ ДЕФОРМАЦІЙНОМУ ПЕРЕБУДОВАННІ СТРУКТУРИ КРИСТАЛІВ ZnS

М. Буланий, О. Коваленко, О. Морозов, О. Хмеленко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
bulanyi@ukr.net

Добре відомо, що точкові дефекти різної природи можуть об'єднуватись у складні утворення, які прийнято називати асоціативними центрами. Велика різноманітність видів асоціативних центрів пояснюється тим, що вони в різних комбінаціях можуть поєднувати один з одним власні та домішкові дефекти кристалічних ґрат. У зв'язку з тим, що багато фізичних властивостей кристалів залежать від наявності в них таких центрів, їх вивчення, крім суто наукового інтересу, представляє важливе прикладне значення.

У кристалах ZnS асоціативні центри є досить поширеним типом дефектів і, будучи центрами рекомбінації випромінювань, визначають люмінесцентні характеристики цих матеріалів [1].

У цій роботі дослідні асоціативні центри, які мають парамагнітні властивості і можуть бути використані як зонди для ЕПР - досліджень.

Дослідження показали, що відповідні центри люмінесценції є більш складними утвореннями, ніж ізольовані, хаотично розподілені компенсовані донорні або акцепторні домішки заміщення. Було також встановлено, що при введенні лише активаторних, або тільки співактиваторних домішок, утворюються центри свічення до складу яких, крім атомів домішки, входять власні дефекти решітки, що виникають внаслідок самокомпенсації.

Зазвичай, у нормальному стані, А-центри діамагнітні, але при збудженні кристалів ультрафіолетовим світлом при 77 К вони захоплюють дірки і, в результаті цього, стають парамагнітними.

Параметри спектрів ЕПР А-центрів в кристалах ZnS

Матриця	Центр	g_1	g_2	g_3
ZnS (гекс.)	V_{Zn} - Cl	g_{II} = 2,059 $g_{\perp}$ = 2,0287		
	V_{Zn} - Ga	2,004	2,0534	2,0587
ZnS (куб.)	V_{Zn} - Cl	2,0027	2,0502	2,0565
	V_{Zn} - Br	2,0029	2,0537	2,0569
	V_{Zn} – I	-	2,018	-
	V_{Zn} - Al	2,0030	2,0513	2,0560
	V_{Zn} - Ga	2,0025	2,0509	2,0557

Привертає увагу те, що для всіх А-центрів значення g-факторів більше, ніж g-фактор вільного електрона, рівний 2,0023. Це ознака дірочного характеру А-центрів у всіх кристалах ZnS - Al, в яких досліджувалися парамагнітні А-центри, при УФ збудженні (λ = 365 нм) спостерігалася досить яскрава фотолюмінесценція з широкою смугою свічення в блакитній області спектра. При цьому, у спектрах ЕПР всіх досліджуваних зразків, крім ліній, обумовлені наявністю неконтрольованих домішок марганцю (Mn^{2+}) та фоточутливих парамагнітних центрів (ФПЦ) хрому (Cr^{+}) та заліза (Fe^{3+}) при температурі 77 К спостерігається спектр ЕПР, що складається з порівняно великої кількості ліній невеликої інтенсивності, положення яких залежить від орієнтації зразків щодо напрямку зовнішнього магнітного поля.

Проведено дослідження впливу пластичної деформації на спектри ЕПР А-центрів у кристалах ZnS-Al. Встановлено, що характер поведінки А-центрів, в основному, визначається процесами деформаційної переорієнтації кристалічної решітки мікродвійників і політиків сульфіду цинку в структуру одноорієнтованого сфалериту.

Виявлено, що через зменшення кількості дефектів упаковки, повна кількість А-центрів в результаті пластичної деформації кристалів ZnS-Al збільшується.

Дослідження спектрів фотолюмінесценції показали, що на відміну від А-центрів деякі інші асоціації точкових дефектів при русі дислокацій руйнуються незворотно, або

відновлюються, але у вигляді нових, більш стійких, утворень. Така ситуація спостерігалася у кристалах ZnS-Al, Cu.

[1] Физика и химия соединений $A^{II}B^{VI}$ / пер. с англ., под ред. С.А. Медведева. – М.: Мир, 1970. – 624 с.

PHOTOLUMINESCENCE OF ZnS CRYSTALS UNDER THE ACTION OF ULTRASONIC VIBRATIONS

M. Bulanyi, O. Kovalenko, O. Morozov, O. Khmelenko
Oles Gonchar Dnipro National University
bulanyi@ukr.net

The study of the influence of plastic deformation on the EPR spectra of A-centers in ZnS-Al crystals has been carried out. It was found that the nature of the behavior of A-centers is mainly determined by the processes of deformational reorientation of the crystal lattice of microtwins and zinc sulfide polytypes into the structure of oneoriented sphalerite.

PROSPECTIVE METHODS OF PARAMETER CONTROL OF ACOUSTOELECTRONIC DEVICES ON SURFACE ACOUSTIC WAVES

Ya. Lepikh, P. Snigur
Odesa I.I. Mechnikov National University
ndl_lepikh@onu.edu.ua

A typical acoustoelectronic element based on surface acoustic waves (SAW) is, as is known, a piezoelectric plate (acoustic duct), in which a SAW is excited with the help of an interdigital transducer (IDT), and propagates along the surface of the acoustic conductor from the generating IDT to the detecting one. When interfering with the process of propagation over the surface in one way or another: mechanical deformation of the acoustic duct, mechanical load, electric field, etc. the frequency, phase and amplitude of the output signal vary. These effects can be used, in particular, to create sensors for various functional purposes. However, the characteristics of sensors based on these effects cannot always compete with sensors based on other physical principles.

The report presents the results of investigation of methods for changing the parameters of SAW devices, which make it possible to significantly increase the range of output signal parameters.

In particular, the previously proposed by us method [1] of using the anisotropic properties of monocrystalline piezoelectrics has been developed, which makes it possible controlling the frequency of the output signal 2-3 times more than the known analogs.

An equally effective method for controlling signal parameters is the propagation of a SAW in a layered structure piezoelectric - liquid - dielectric of a polar liquid with a variable

thickness of its film. In this case, the layered structure makes it possible, in addition to creating appropriate sensors, to study the properties of liquids.

In the process of this method studying, the effect of the appearance of double resonance of SAW was discovered at certain thicknesses of the liquid layers, respectively, the distance between the IDT electrodes. This effect can be used to create other controlled devices on SAW.

In passing, we note that under the conditions of a liquid medium and research, including the properties of liquids, little-studied near-surface acoustic waves with longitudinal mechanical displacement, named after the scientist I. Anisimkin, are promising.

[1] Lepikh Ya.I. Acoustoelectronic devices with controlled characteristics. International Conference "Information and Telecommunication Technologies and Radio Electronics" (UkrMiCo), Ukraine, 11-15 Sept. 2017, P. 201.

QUANTUM DOT ARRAYS WITH DEFECTS

I. Bilynskyi[1,2], R. Leshko[2], O. Leshko[2]
[1]*Kryvyi Rih State Pedagogical University*
[2]*Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University*
iv.bilynskyi@gmail.com, leshkoroman@gmail.com

Significant success has been achieved in the theoretical and experimental studies of nanoheterostructures over last years. They are the most interesting and promising for practical application. Heterostructures with quantum dots (QDs), quantum wires, quantum rings are considered to be very perspective in optics and electronics.

For further improvement of optoelectronic devices, it is necessary to conduct both experimental and theoretical studies of the physical properties of the structures of spatially ordered quantum dots. Therefore, the superlattice of quantum dots has attracted a lot of attention in recent years. There are many theoretical works where the one-, two- and three-dimensional superlattices of QDs have been studied [1-3]. QDs had chosen of different forms: spheres, cubes, with the same volumes [3]. Using the theory of plane waves, tight-binding model the energies of the ground and excited states had calculated and zone spectrum of QD arrays has been defined.

Above mentioned models assume that QD arrays contains identical QD and they placed strongly periodically. In practice QDs which forms arrays can be different by size and periodical structure can be partially broken. Those vialiation from ideal structure can be considered as the defects of QD arrays. That is why the minizone energy spectrum undergoes significant changes.

In this work we presented theory of the miniband structure of QD arrays with defects which is based on the tight-binding model. We showed how vialiation from ideal structure changes the band structure.

[1] V.I. Boichuk, R.I. Pazyuk, I.V. Bilynskyi. The Electrical Conductivity in Superlattices of Spherical Quantum Dots *Physics and Chemistry of Solid State.* 2016. Vol. 17, № 3. P. 320–328.
[2] V.I. Boichuk, R.I. Pazyuk, I.V. Bilynskyi. Miniband Electroconductivity in Superlattices of Cubic Quantum Dots of the InAs/$Ga_xIn_{1-x}As$ Heterosystem *Physics and Chemistry of Solid State.* 2017. Vol. 18, № 1. P. 94–101.

[3] I.V. Bilynskyi, R.Ya. Leshko, H.Ya. Bandura. Influence of quantum dot shape on energy spectra of three-dimensional quantum dots superlattices // *Physics and Chemistry of Solid State.* 2020. Vol. 21, № 4. P. 584–590.

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ НИЗЬКОВОЛЬТНОЇ ВАРИСТОРНОЇ КЕРАМІКИ НА ОСНОВІ SnO_2 З ДОБАВКАМИ Cr_2O_3 ТА Bi_2O_3

А. Кротенко, І. Скуратовський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
artur.krotenko@gmail.com

Діоксид олова для виготовлення варисторної кераміки досліджується давно [1, 2]. Новий поштовх досліджень SnO_2 варисторів почався після отримання низьковольтної варисторної кераміки на основі діоксиду олова [3], що довгий час вважалось неможливим.

Представляє істотний інтерес синтез та дослідження нових складів для низьковольтної варисторної кераміки.

У даній роботі досліджено ряд складів варисторної кераміки з добавками Co_3O_4, Sb_2O_5 та різним вмістом добавок Cr_2O_3 та Bi_2O_3 і досліджено їх електричні властивості.

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 наведені в таб. 1. Неомічні властивості кераміки порівнювались за допомогою показника нелінійності α [2], що дорівнює відношенню коефіцієнта нелінійності β до класифікаційної напруженості електричного поля E_1.

Таблиця 1

Електричні параметри досліджуваної кераміки системи SnO_2 – 3 мол.% Co_3O_4 – 0,95 мол.% Sb_2O_5 з добавками Bi_2O_3 та Cr_2O_3

Добавка Cr_2O_3, мол. %	Добавка Bi_2O_3, мол. %	β	E_1, В см$^{-1}$	α, см В$^{-1}$
0,03	0,9	3,36	199	0,012
	1,0	1,76	18	0,042
0,05	0,5	5,23	307	0,017
	0,9	2,34	114	0,021
	1,0	2,20	35	0,034
0,07	0,9	4,06	59	0,051
	1,0	1,85	68	0,012

На основі даних, що наведені в таблиці була побудована карта розподілення показника нелінійності α в залежності від концентрації добавок Cr_2O_3 та Bi_2O_5

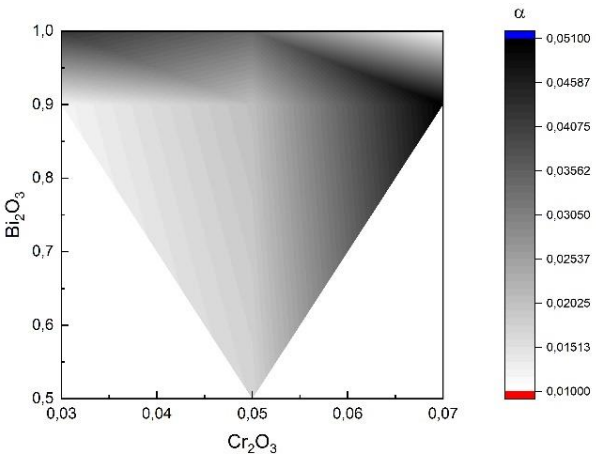


Рис. 1. Карта розподілення показника нелінійності α в залежності від добавок концентрації Cr_2O_3 та Bi_2O_3

На карті розподілення показника нелінійності видно, що показник α зростає при наближенні вмісту добавки оксиду хрому до 0,07 мол. % та при наближенні вмісту оксиду вісмуту до 0,9 мол. %. Також спостерігається ріст α при наближенні вмісту добавок Cr_2O_3 та Bi_2O_3 до 0,03 мол. % та 1 мол. % відповідно.

Найбільше значення показник нелінійності набуває у зразка з концентрацією добавоки 0,07 мол. %. Cr_2O_3 та 0,9 мол. % Bi_2O_3 та має значення 0,051.

[1] Pianaro S. A., Bueno P. R., Longo E., Varela J. A. A new SnO2-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] Glot A.B., Bulpett R., Ivon A.I., Gallegos-Acevedo P.M. Electrical properties of SnO_2 ceramics for low voltage varistors // Physica B: Condensed Matter Vol. 457 (2015) P. 108-112.

ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF LOW VOLTAGE SnO_2 BASED VARISTOR CERAMICS WITH ADDITIONS OF Cr_2O_3 AND Bi_2O_3

A. Krotenko, I. Skuratovskyi
Oles Honchar Dnipro National University
artur.krotenko@gmail.com

The tin dioxide-based ceramics in the system SnO_2-Bi_2O_3-Co_3O_4-Cr_2O_3 are presented. The electrical properties of these materials are analyzed.

Voltage-current characteristics of ceramics are studied in respect of different amount of chrome oxide in the range of 0.03 – 0.07 mol.%. and bismuth oxide in the range of 0.5 – 1.0 mol.% additions.

It was shown nonlinearity factor alpha takes the maximum values with amount of additions: Bi_2O_3 near 0.9 mol.% and Cr_2O_3 near 0.07 mol.%

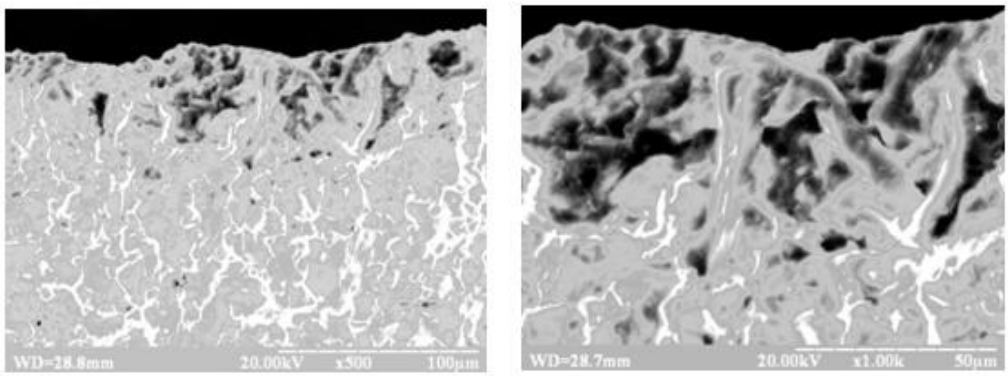
ОСОБЛИВОСТІ ПРИПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ОКСИДНО-ЦИНКОВОЇ ВАРИСТОРНОЇ КЕРАМІКИ

Р. Лавров, В. Колбунов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
rlavrov024@gmail.com

Варисторна кераміка на основі оксиду цинку (ОЦК) з міжзеренними потенціальними бар'єрами використовується для створення твердотільних приладів захисту від перенапруги електротехнічних кіл та електронних схем. Подвійні потенціальні бар'єри Шотткі (ППБШ) такої кераміки обумовлюють високу нелінійність її вольт-амперної характеристики (ВАХ) в області оборотного електричного пробою і симетричність ВАХ відносно полярності прикладеної напруги [1].

Характерною особливістю ОЦК є те, що при синтезі в окислювальній атмосфері на її поверхні утворюється шар з відмінними від об'ємної частини електрофізичними властивостями [2, 3]. Метою даної роботи є порівняння висоти E_{br} активних ППБШ в приповерхневому шарі варисторної кераміки на основі ZnO відносно висоти ППБШ в об'ємі.

Растрові зображення, оброблені за допомогою графічного редактору для виділення межі між досліджуваним шаром і об'ємом кераміки, представлені на рис. 1.



а) б)

Рис. 1. Растрові зображення поперечного відколу варисторного диску у приповерхневій області при збільшенні: а) ×500; б) ×1000, оброблені в графічному редакторі

Зерна ZnO у поверхні кераміки в процесі відпалу в більшій мірі піддані впливу атмосферного кисню, ніж в об'ємі, і для них слід очікувати більшу концентрацію N_t поверхневих станів, які формують атоми кисню. З урахуванням того, що $E_{br} \sim N_t^2/N_d$ [1], де N_d – концентрація енергетично дрібних донорів в зерні кераміки,– висота ППБШ в приповерхневому шарі повинна бути вищою за об'ємну. Оскільки опір варисторної кераміки в області виконання закону Ома визначається величиною E_{br}, отримуємо наступний зв'язок між висотою ППБШ $E_{br(S)}$ в приповерхневому шарі ОЦК і висотою бар'єрів $E_{br(V)}$ в її об'ємі:

$$\frac{E_{br(S)}}{E_{br(V)}} = \frac{lg(\rho_S) - lg(\rho_0)}{lg(\rho_V) - lg(\rho_0)} \approx \frac{lg(\rho_S)}{lg(\rho_V)}. \quad (1)$$

Розрахунки, виконані за даними електрофізичних вимірів, показали, що відношення $E_{br(S)}/E_{br(V)}$ складає 1,22.

Приповерхневий шар ОЦК має більш високі (у 1,22 рази) ППБШ, ніж в об'ємі, що обумовлено процесом виробництва кераміки. ППБШ приповерхневого шару в області виконання закону Ома відзначаються високим електричним опором і приймають на себе практично усю напругу, прикладену до зразка. Відтак, увімкнуті у шляхи струму між електродами, вони повинні першими переходити до режиму зенеровського і лавинного пробою.

[1] Clarke, D. R. Varistor ceramics [Text] / D. R. Clarke // J. Am. Ceram. Soc. – 1999. – Vol. 82, № 3. – P. 485 – 502.
[2] Катков, В. Ф. Электропроводность и строение приповерхностной области оксидно-цинковой керамики [Текст] / В. Ф. Катков, А. Б. Глот, А. И. Ивон // Неорганические материалы. – 1989. – Т. 25, № 2. – С. 526 – 528.
[3] Lavrov R. I. Electrophysical characteristics of the near-surface layer of semiconductor ceramics for ZnO varistors / R. Lavrov, V. Kolbunov, V. Bashev // Journal of physics and electronics.– 2018, – Vol. 26, – № 1, – P. 63 – 68.

FEATURES OF THE NEAR-SURFACE LAYER ZINC OXIDE VARISTOR CERAMICS

R. Lavrov, V. Kolbunov
Oles Honchar Dnipro National University
rlavrov024@gmail.com

The aim of this work is to compare the height E_{br} of active double potential Schottky barriers (DPSB) in the near-surface layer of ZnO-based varistor ceramics relative to DPSB in volume.

The near-surface layer of varistor ceramics has higher (1.22 times) DPSB than in volume. DPSB of the near-surface layer in the field of Ohm's law are characterized by high electrical resistance and take on almost all the voltage applied to the sample. Therefore, connected to the current paths between the electrodes, they must be the first to switch to the mode of Zener and avalanche breakdown.

JAHN-TELLER EFFECT MANIFESTATION IN A Cu-DOPED $EuAl_3(BO_3)_4$ SINGLE CRYSTAL

K. Lamonova[1], A. Prohorov[2], R. Minikayev[3]
[1]*O.O. Galkin Donetsk Institute for Physics and Engineering, National Academy of Sciences of Ukraine*
[2]*Institute of Physics of the CAS, 182 00, Prague, Czech Republic*
prokhorov@fzu.cz
[3]*Institute of Physics, Polish Academy of Sciences, Poland*
k.v.lamonova@ukr.net

The work aims to study the mechanism of the EPR spectrum formation of a $EuAl_3(BO_3)_4$ single crystal doped by 0.1% Cu^{2+} and grown by the spontaneous solution-melt crystallization method. For that, a complex approach combining the EPR investigation and the theoretical analysis performed by the semi-empirical Modified Crystal Field Theory (MCFT) [1] has been applied.

The samples were examined by X-ray diffraction techniques (X'Pert Pro Alpha1 MPD, Panalytical). The XRD investigations revealed that the samples crystallize in the huntite ($Mg_3Ca(CO_3)_4$) structure with space group *R*32 and do not contain impurity phases. The unit cells parameters and atomic positions were refined by Rietveld's method. We found that the lattice parameters are slightly smaller than those for undoped materials [2], but the ratios *c*/*a* are in good agreement (*c*/*a* = 0.78096(2) for the doped, and it is about 0.78045 for an undoped sample). The base of the crystallographic structure is trigonal prisms, octahedrons, and triangles formed by oxygen ions around Eu^{3+}, Al^{3+}, and B^{3+}, correspondingly. Rare-earth ions occupy the D_{3h} sites, boron ions have two sites with C_3 and C_2 symmetry, and aluminum ions occupy three differently oriented but energetically equivalent crystallographic positions with C_2 point symmetry. The differently oriented octahedra are colored in brown, green, and blue in Fig. 1*a*.

The EPR measurements were performed using the Bruker ELEXSYS EPR E580 spectrometer at the X-band (~9.4 GHz) within the temperature range from 5 up to 150 K. A hyperfine structure caused by two copper isotopes ^{63}Cu (69.1%) and ^{65}Cu (30.9%) with the nuclear spin $I = -3/2$ is observed. The three nonequivalent EPR spectra appear when the magnetic field rotates in the [0001] plane, and they repeat via 120°. We established the EPR spectrum axes using the measured angular dependences. The Z- and X-axes lie in the $(1\bar{2}\bar{1}0)$ plane, and the Y-axis is perpendicular to that plane. The Z-axis of the EPR spectrum deviates from the *c*-axis of 54.2°.

Analyzing the distortions of the $[CuO_6]$ coordination complexes in the $EuAl_3(BO_3)_4$: 0.1%Cu sample shows the Jahn-Teller (JT) distortions (Q_2, Q_3) and the trigonal ones (Q_4, Q_5, Q_6) are present. Moreover, the monoclinic contribution from the low-symmetry distortions T_{1u}'' (Q_{10}, Q_{11}, Q_{12}) is expressed.

Applying the MCFT, the energy levels of a Cu^{2+} ion in the octahedral $[CuO_6]$ coordination complexes with the unit cells parameters and atomic positions obtained by the XRD technique have been calculated. We used the following MCFT parameters for the calculation: (i) the effective nuclear charge (Z_{eff}) for Cu^{2+}; (ii) one-electron spin-orbit constant (ξ_{SO}); (iii) the fitting parameter β. In particular, the value of Z_{eff} = 9.493 was applied to fit a free Cu^{2+} ion energy levels in accordance with the NIST Atomic Spectra Database [3].

The three distortions along the C_4 axes are nonequivalent because there is a monoclinic component in the crystal field potential. A configuration with the distortion is directed towards the oxygen ion O1 (i.e., along the Z-axis of the EPR spectrum) has the minimum energy (Fig. 1*a*).

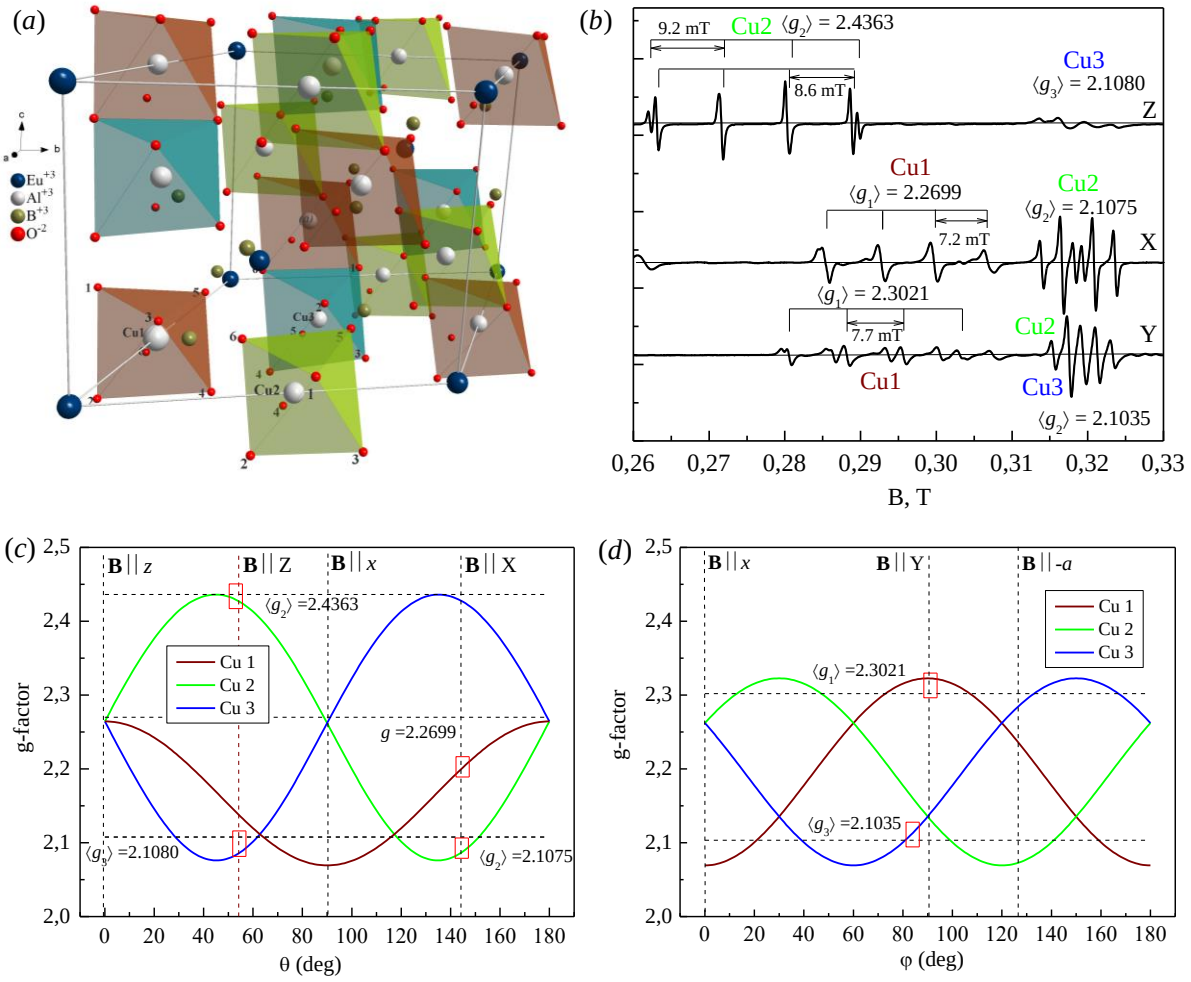


Fig. 1. (*a*) Elementary cell of Cu doped $EuAl_3(BO_3)_4$. (*b*) The EPR spectrum of the $EuAl_3(BO_3)_4$:0.1%Cu sample (ν = 9.4005 GHz; T = 15 K). (*c*) and (*d*) The angle dependences of the *g*-factor is calculated for the [Cu1O₆], [Cu2O₆], and [Cu3O₆] coordination complexes in the (*zx*)-plane (φ = 0;0 ≤ θ ≤ π) and (*xy*)-plane (0 ≤ φ ≤ π ;θ = 0. The horizontal dash lines mark the experimentally obtained *g*-factors.

The angle dependencies are calculated for $EuAl_3(BO_3)_4$:0.1%Cu by the MCFT show that the Cu^{2+}-containing octahedra reveal themselves differently in the EPR spectrum (Fig. 1*c* and Fig. 1*d*). The case when the magnetic field is oriented along the *z*-axis (C_3-axis) is the exception. In particular, the Cu2 ion is seen in all local directions. The Cu1 ions can be identified along the local X- and Y- axis, and Cu3 in the Z- and Y-axis, correspondingly, but their signals are very complicated. Hyperfine splitting is much better resolved in one direction than along the other two directions owing to crystallography anisotropy. Indeed, the hyperfine coupling along the Z-axis for Cu2 is much greater than that along the X- and Y-axes.

[1] K. V. Lamonova, S. M. Orel, Yu. G. Pashkevich, Modified Crystal Field Theory and its Applications, Akademperiodyka, Kyiv, 2019.
[2] Leonyuk N. I., Leonyuk L.I. Growth and characterization of $RM_3(BO_3)_4$ crystals. Prog. Cryst. Growth Charact. Mater. 31. (1995). P. 179–278.
[3] Sugar A., Musgrove A. (1990) *Atomic Energy Levels and Spectra Bibliographic Database* (version 2.0). [Online] Available: https://physics.nist.gov/asd [2021, September 7]. National Institute of Standards and Technology, Gaitherburg, MD. DOI:10.1063/1.555855

SPECIFICITIES OF ANELASTIC AND ELASTIC, ADSORPTION CHARACTERISTICS OF SiO_2/Si, NANOCOMPOSITES OF MULTIWALLED CARBON NANOTUBES AND POLYAMIDE, POLYETHYLENE, POLYVINYL CHLORIDE, FOAM POLYSTYRENE

A. Onanko[1], D. Charnyi[2], Y. Onanko[2], O. Dmytrenko[1], M. Kulish[1], T. Pinchuk-Rugal[1], M. Alieksandrov[1], A. Gaponov[1], V. Popruzhko[1], P. Ilyin[1], S. Shevchuk[2], S. Stasiuk[2]

[1]*Taras Shevchenko Kyiv National University*
onanko@i.ua
[2]*Institute of Water Problems and Land Reclamation NAAS*
yaonanko1@gmail.com

Measurement of temperature dependences of internal friction (IF) on identical Si p-type substrates, orientation (100), doped with boron B with specific resistivity $\rho \approx 7.5$ Ohm·cm and thickness $h \approx 4.7 \cdot 10^5$ nm was performed. The samples passed the same technological route after applying a layer of SiO_2 with a thickness of $h \approx 600$ nm. It was found that the annealing of structural defects SiO_2/Si changes the shape of the IF temperature spectrum $Q^{-1}(T)$. The leading factor of the elastic anisotropy forming is a crystallography orientation and the orientation of grains on the form with the orientation of microcracks, pores. Acoustic emission (AE) allow to receive the additional information about the process of microcracks.

Poisson coefficient μ in Fig. 1 is equal to ratio of relative transversal compression $\varepsilon_\perp$ to relative longitudinal lengthening $\varepsilon_\parallel$ and equal [1,2]:

$$\mu = \frac{\varepsilon_\perp}{\varepsilon_{II}} = \frac{1}{2}\left[1 + \frac{1}{1 - \left(\frac{V_{II}}{V_\perp}\right)^2}\right], \quad (1)$$

where $V_\parallel$ is quasilongitudinal ultrasonic (US) velocity, $V_\perp$ - quasitransversal US velocity. Elastic module $E = \rho V_\parallel^2$ is demonstrated in Fig. 2.

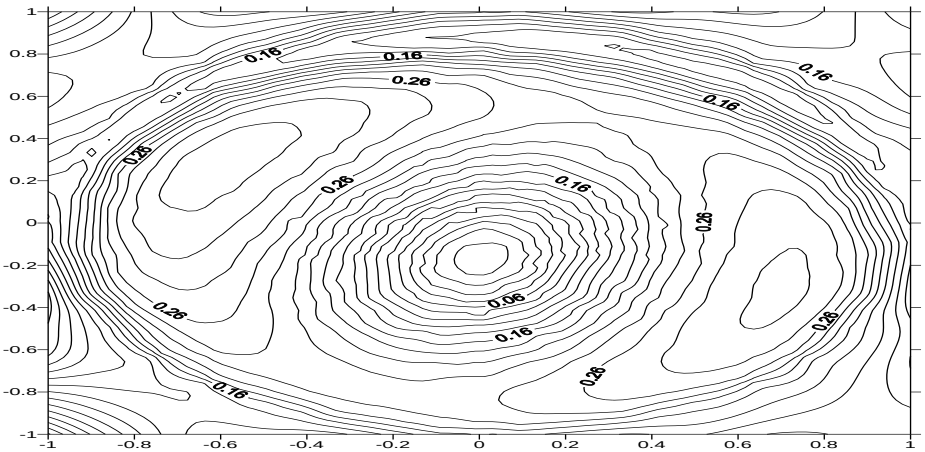


Fig. 1. Stereoprojection of isolines of Poisson coefficient μ SiO_2

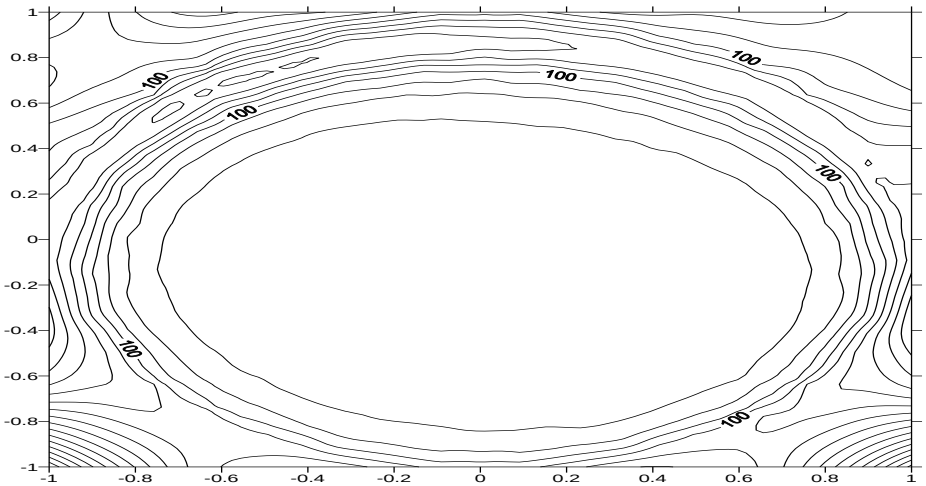


Fig. 2. Stereoprojection of isolines of the elastic module E SiO_2

The modified polymer real network has the large number of the different defects, those do not participate in the transfer of the strains σ in the network, and, therefore, do not contribute to its elastic modulus G, E. It's showed, that anelastic Q^{-1} and elastic E characteristics are essentially depended from morphology of surface layer. The determination method of the distributing function of microcracks orientation is developed from data of the azimuthal measuring of elastic waves velocities. With the purpose of determination of temperature position of relaxation of the elastic modulus $\Delta G/G_o$ simultaneously with the internal friction $Q^{-1} = \delta/\pi$, where δ - the logarithmic decrement ultrasound attenuation, measuring temperature dependence of $G = \rho V\perp^2$ was measured.

Conclusions

1. The elastic modulus E, the shear modulus G, Poisson coefficient μ, internal friction Q^{-1} are dependent from SiO_2/Si wafer-plate anisotropy.

2. The value of internal friction background Q^{-1}_0 after temperature, mechanical treatments describes the changes of the elastic stress σ_i fields in SiO_2/Si wafer-plate.

3. It was found that as the result of the structural defect annealing internal friction background Q_0^{-1} significantly decreases during measuring of internal friction temperature dependence $Q^{-1}(T)$, which indicates the improvement of SiO_2/Si crystal structure.

4. The study of vibrations of disk wafer-plate SiO_2/Si at different harmonic frequencies f_0, f_2 made it possible to develop the technique for determining the structural defects density n_D for semiconductor wafers-substrates.

Acknowledgements

This work has been supported by Ministry of Education and Science of Ukraine: Grant of the Ministry of Education and Science of Ukraine for perspective development of a scientific direction "Mathematical sciences and natural sciences" at Taras Shevchenko National University of Kyiv.

[1] Onanko A.P., Kuryliuk V.V., Onanko Y.A. et al. Peculiarity of elastic and inelastic properties of radiation cross-linked hydrogels. J. Nano- Electron. Phys. Vol. 12, № 4. (2020). P. 04026(5). **DOI:** https://doi.org/10.21272/jnep.12(4).04026**.**

[2] Onanko A.P., Kuryliuk V.V., Onanko Y.A. et al. Features of inelastic and elastic characteristics of Si and SiO_2/Si structures. J. Nano- Electron. Phys. Vol. 13, № 5. (2021). P. 05017(5). **DOI:** https://doi.org/10.21272/jnep.13(5).05017.

MOBILITY ANISOTROPY PARAMETER IN THE TRANSMUTATION DOPED AND ORDINARY SILICON CRYSTALS

G. Gaidar
Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine
gaydar@kinr.kiev.ua

Today, the main materials for the production of a wide class of electronic devices are multi-valley semiconductors, among which the main place belongs to silicon. To study the properties of multi-valley semiconductors, the theory of anisotropic scattering is used, which can be used to quantitatively describe the entire set of kinetic phenomena in a magnetic field, in an elastic deformation field, at the presence of a temperature gradient in the crystal [1]. The mobility anisotropy parameter $K = \mu_\perp/\mu_\parallel$ (the ratio of the mobilities $\mu_\perp$ and $\mu_\parallel$ along the principal axes of the mass tensor for electrons of one valley) is included in the expressions for all kinetic coefficients without exception and, therefore, is of great importance for calculating any of the kinetic effects [2].

The aims of this work were: 1) determination of the mobility anisotropy parameter by two independent methods in silicon crystals doped through the melt and by the method of nuclear transmutation; 2) study of the processes of complexation during high-temperature heat treatment of these crystals.

The *n*-Si crystals doped with phosphorus in two different ways were investigated. Some of the crystals (ordinary, OR) were doped from the melt, and the other part was doped using nuclear transmutation (transmutation doped, TD) – under irradiation with thermal neutrons of high-resistance silicon with the resistivity of $\rho > 2$ kOhm·cm. To elucidate some features of interdefect interactions stimulated by heat treatment, all Si crystals were subjected to high-temperature annealing at 1200 °C for 2 h in a nitrogen atmosphere, followed by rapid or slow cooling.

In order to reveal changes in the level of defectiveness of crystals as a result of heat treatment, a method based on measuring the change in the resistance of these crystals ($\Delta\rho_H^\perp/\rho_0$ and $\Delta\rho_H^\parallel/\rho_0$) in a classically strong magnetic field H was used. This method is very sensitive to the presence of complexes in the bulk of crystals.

To analyze the results obtained and to elucidate the nature of the observed changes, the data on the Hall effect and tensoresistance, which were measured (at 77 K) on the same crystals at mechanical compressive stresses $\vec{X} \parallel \vec{j} \parallel [001]$ ($|X| \le 1$ ГПа), were used.

In the studied *n*-Si crystals, the mobility anisotropy parameter $K = K(n_e)$ was determined by two independent methods (on tenso- and magnetoresistance) for ordinary and transmutation doped crystals. It was known that the data for the parameter $K(n_e)$ obtained from the tensoresistance in the saturation region (ρ_X^∞/ρ_0) are insensitive to the presence of imperfections in the form of point defects and impurity complexes statistically distributed in the bulk of the crystal. The dependence $K = K(n_e)$ found experimentally from the tensoresistance data is also quite satisfactory for those values of K obtained from the measurements of the magnetoresistance $\Delta\rho_H^\parallel/\rho_0$ in Si crystals doped with phosphorus from the melt. However, the data for K obtained from the magnetoresistance $\Delta\rho_H^\parallel/\rho_0$ on the transmutation doped crystals deviated considerably from the obtained dependence $K = K(n_e)$.

Since a significant scatter in *K* data obtained using magnetoresistance $\Delta\rho_H^{\parallel}/\rho_0 = f(H)$ is characteristic only for transmutation doped crystals, it was natural to associate this feature with a different level of their perfection. This can be based on two well-known facts, namely: a) in the initial state (preceding technological annealing), the transmutation doped crystals have a huge number of point defects – vacancies, divacancies, interstitial silicon atoms, Si atoms, which are partially displaced from sites, etc.; b) the technological annealings of different transmutation doped crystals is not exactly equivalent to each other.

To test the above assumptions regarding the differences that appear when measuring the longitudinal magnetoresistance $\Delta\rho_H^{\parallel}/\rho_0$ on ordinary and transmutation doped Si crystals, it was desirable to simulate (at least approximately) in experiments with an ordinary crystal the conditions a) and b), characteristic for the transmutation doped samples. Some approximation to the fulfillment of condition a) could be achieved by high-temperature annealing of the ordinary crystal (*n*-Si ⟨P⟩, $\rho_{300\,K} \approx 100$ Ohm·cm) in the nitrogen atmosphere (1200 °C; 2 h). The condition b) could be tried to provide by the significant difference in the cooling rates (up to 700 °C) of the crystals under study. For this, two cooling rates were used: $\nu_1 \approx 1$ °C/min – slow and $\nu_2 \approx 1000$ °C/min – fast cooling.

The experimental results confirmed the above assumption, which links the reason for the scatter in the *K* values determined according to $\Delta\rho_H^{\parallel}/\rho_0$ ratio in the transmutation-doped crystals with the presence of imperfections (such as complexes) in these crystals.

From the same ingot samples were cut so that the growth layers did not appear when measuring the transverse magnetoresistance ($\vec{j}$ ∥ [100], $\vec{H}$ ∥ [001] ∥ GA (GA is the crystal growth axis). By measuring $\Delta\rho_H^{\perp}/\rho_0 = f(H)$ on these samples, we were convinced that in the initial state of the crystal under study and statistically distributed inhomogeneities (complexes) have no noticeable effect on the transverse magnetoresistance. This is evidenced by the well-pronounced saturation of $\Delta\rho_H^{\perp}/\rho_0 = f(H)$ in the region of strong magnetic fields. However, the heat treatment adopted in the experiments (the high-temperature annealing followed by slow or fast cooling) led to qualitative changes in the form of the dependences $\Delta\rho_H^{\perp}/\rho_0 = f(H)$: in both cases, the saturation region characteristic of the initial state of the crystal under study disappeared.

Comparison of the results of measurements of the mobility anisotropy parameter in ordinary and transmutation doped *n*-Si crystals by the tenso- and magnetoresistance methods indicates that the magnetoresistance method is more sensitive to the presence of not only electrically active scattering centers, but also various structural defects. It was shown that, upon high-temperature heat treatment of ordinary and transmutation doped Si crystals, complexes are formed due to the interaction of electrically neutral impurities with point defects. The possibility of using the method of measuring the magnetoresistance for a qualitative assessment of the presence of electrically neutral defects and their complexes in samples was established.

[1] Baranskii P.I., Buda I.S., Dakhovskii I.V. The Theory of Thermoelectric and Thermomagnetic Phenomena in Anisotropic Semiconductors. Kyiv: Naukova Dumka. (1987). 272 p. (in Russian).
[2] Baranskii P.I., Belyaev A.E., Gaidar G.P. Kinetic Effects in Multi-Valley Semiconductors. Kyiv: Naukova Dumka. (2019). 448 p. (in Ukrainian).

LOW-ENERGY EFFECTIVE LAGRANGIAN OF THE TWO-HIGGS-DOUBLET MODEL

M. Dmytriiev, V. Skalozub
Oles Honchar Dnipro national university
dmytrijev_m@ffeks.dnu.edu.ua, skalozubvv@gmail.com

According to the modern observations, there exist some phenomenons which could not be explained within the Standard model (SM) of elementary particles. For instance, these are neutrino masses, baryonic asymmetry, dark matter, etc. Because of this, different models have been proposed which extend the SM. In many cases, such models predict the new particles to be very heavy. So that, they could not be directly observed at the energies of modern colliders. However, their existence could be detected via some effective interactions of known particles. In this work, we build a low-energy effective Lagrangian of the two-Higgs-doublet model (2HDM), and derive the new vertexes of interaction between the SM particles, introduced by the 2HDM.

In the SM, Higgs field is a complex doublet in the fundamental representation of the SU(2) group, with a mass of about 125 GeV. However, Sakharov's baryogenesis conditions can not be fulfilled for such field configuration and the matter-antimatter asymmetry can not be explained. According to [1], 2HDM satisfies these conditions at the certain values of its parameters. Also, this model allows to give masses to neutrinos [2], introduce particles, which are dark matter candidates, etc. Nowadays, 2HDM is discussed in the context of experiments at the particle modern and future colliders [3]. So, we consider it in what follows.

We start with the following Lagrangian [1]:

$$\begin{aligned}\mathcal{L} = \frac{1}{2}(\partial_\mu\phi_1)^2 + \frac{1}{2}(\partial_\mu\phi_2)^2 - \sum_{i=1}^{2}\left[-\frac{1}{2}\mu_i^2\phi_i^\dagger\phi_i + \lambda_i\left(\phi_i^\dagger\phi_i\right)^2\right] + \\ +\lambda_3\left(\Re\left[\phi_1^\dagger\phi_2\right]\right)^2 + \lambda_4\left(\Im\left[\phi_1^\dagger\phi_2\right]\right)^2 + \lambda_5\left(\phi_1^\dagger\phi_1\right)\left(\phi_2^\dagger\phi_2\right).\end{aligned} \tag{1}$$

It introduces two neutral and two charged scalar fields, and one pseudoscalar field. We integrated out all the fields except one neutral scalar, which correspons to the SM Higgs one.

The Lagrangian of the SM scalar sector was obtained, with the low-energy corrections coming from the additional fields of the 2HDM. We investigated the annihilation process $e^+e^- \to \mu^+\mu^-$ which accounts for the SM particles in the initial and final states and the contribution of the low-energy effective vertexes from the 2HDM. Renormalization group relations for these vertexes have been calculated.

[1] Kozhushko A.A., Skalozub V.V. The parametric space of the two-Higgs-doublet model and Sakharov's baryogenesis conditions. Ukr. J. Phys. Vol. 56, No. 5. (2011). P. 1-12.
[2] Camargo D. A., Dias A. G., de Melo T. B., Queiroz F. S. Neutrino Masses in a Two Higgs Doublet Model with a U(1) Gauge Symmetry [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://arxiv.org/pdf/1811.05488.pdf.
[3] Marzocca D. (ed.), Riva F. (ed.), Criado J., Dawson S., de Blas J., Henning B., Liu D., Murphy C., Perez-Victoria M., Santiago J., Vecchi L., Lian-Tao Wang. BSM Benchmarks for Effective Field Theories in Higgs and Electroweak Physics [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://arxiv.org/pdf/2009.01249.pdf.

СПЕЦИФІКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕНЗООПОРУ РОЗТЯГУ КРИСТАЛІВ ГЕРМАНІЮ *n*-ТИПУ

Г. Гайдар
Інститут ядерних досліджень НАН України
gaydar@kinr.kiev.ua

У процесі експериментального дослідження властивостей напівпровідників часто виникає потреба вимірювати малі за величиною параметри або такі, що вельми чутливі до впливу незначних неоднорідностей, які існують у кристалі. Однак, коли важкодоступний для вимірювання параметр пов'язаний певним співвідношенням із легко вимірюваним, то доцільно експериментально отримати останній, а потім, використовуючи співвідношення, обчислити параметр, величину якого необхідно визначити.

Розглянемо такий підхід на прикладі монокристалів *n*-Ge. При пропусканні електричного струму (j) і накладанні механічного напруження стиску X вздовж кристалографічного напрямку ⟨111⟩, тобто, вздовж великої осі одного із чотирьох ізоенергетичних еліпсоїдів, цей еліпсоїд опускатиметься, а три інших підніматимуться вздовж шкали енергій. Завдяки цьому відбуватиметься перерозподіл носіїв заряду між мінімумами енергії у зоні провідності. За досить великих $\vec{X} \parallel \langle 111 \rangle$ усі електрони можуть перейти в один еліпсоїд, розміщений у напрямку осі деформації з мінімально можливим значенням рухливості носіїв заряду $\mu = \mu_{\parallel}$, внаслідок чого питомий опір кристала, який вимірюється у тому самому напрямку ($\vec{j} \parallel \langle 111 \rangle$), сильно зростає зі збільшенням стискуючих механічних напружень X до насичення, що визначається виразом $\rho_{X(\infty)}^{\langle 111 \rangle} = 1/\left(e n_e \mu_{\parallel}\right) = \mathrm{const}$, де $\rho_{X(\infty)}^{\langle 111 \rangle}$ – тензоопір в області насичення; e – заряд електрона; $n_e = 4N_0$ – повна концентрація електронів; N_0 – концентрація електронів у кожному з еліпсоїдів за відсутності деформації кристала; $\mu_{\parallel}$ – рухливість електронів уздовж великої осі ізоенергетичного еліпсоїда, яка відповідає максимальній ефективній масі носіїв $m_{\parallel}$. У цьому випадку параметр анізотропії рухливості матиме вигляд [1]:

$$K = \frac{3}{2} \frac{\rho_{X(\infty)стиск}^{\langle 111 \rangle}}{\rho_0} - \frac{1}{2}. \qquad (1)$$

Характерною особливістю тензоопору, що виникає при розтягуванні *n*-Ge в напрямку ⟨111⟩, є дуже малі зміни питомого опору залежно від механічного напруження порівняно з тими, які спостерігаються при одновісному стиску в тому самому кристалографічному напрямку. Тому бажано було б мати можливість для оцінки малого тензоопору розтягу скористатися значно більшим і добре вимірюваним значенням тензоопору стиску.

Для реалізації запропонованої процедури скористаємося формулами для тензоопору стиску і розтягу [2]:

$$\frac{\rho_{X(\infty)стиск}^{\langle 111 \rangle}}{\rho_0} = \frac{1}{4}\left(\frac{8K+1}{3} + 1\right), \qquad \frac{\rho_{X(\infty)розт}^{\langle 111 \rangle}}{\rho_0} = \frac{3}{4}\left(\frac{3}{8K+1} + 1\right). \qquad (2)$$

Виключивши з системи рівнянь (2) значення ρ_0, після простих алгебраїчних перетворень одержимо

$$\rho^{\langle 111\rangle}_{X(\infty)\,розт} = 9\,\frac{\rho^{\langle 111\rangle}_{X(\infty)стиск}}{8K+1}\,, \qquad (3)$$

а параметр анізотропії рухливості K отримаємо з результатів того самого вимірювання тензоопору стиску $\rho^{\langle 111\rangle}_{X(\infty)\,стиск}$ за допомогою виразу (1).

Слід зазначити, що параметр K для довільної концентрації, що не призводить ще до виродження електронного газу за температури вимірювання тензоопору (77 K), можна розрахувати для *n*-Ge за формулами теорії анізотропного розсіяння [2].

Таким чином, встановлено простий зв'язок (вираз (3)) між зміною питомого опору *n*-Ge під впливом направленої пружної деформації стиску та зміною питомого опору, що виникає при направленій деформації розтягу. Показано, що як для кристалів *n*-Ge, вільних від легувальної домішки, так і для кристалів з відносно високим рівнем легування, який, однак, не призводить до виродження електронного газу за температури вимірювання тензоопору, величина тензоопору стиску майже на порядок перевищує значення тензоопору розтягу, а отже, запропоновану методику оцінки тензоопору розтягу за експериментальними значеннями тензоопору стиску для всього дослідженого концентраційного інтервалу (від 10^{12} до 10^{16} см$^{-3}$) можна вважати прийнятною та фізично обґрунтованою.

[1] Баранський П.І., Гайдар Г.П. Фізичні фактори, що зумовлюють анізотропію термоерс і анізотропію рухливості в багатодолинних напівпровідниках. Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. Вып. 48. (2013). С. 54–59.
[2] Баранский П.И., Буда И.С., Даховский И.В. Теория термоэлектрических и термомагнитных явлений в анизотропных полупроводниках. Киев: Наукова думка. (1987). 272 с.

SPECIFICITY IN THE DETERMINATION OF TENSION TENSORESISTANCE OF *n*-TYPE GERMANIUM CRYSTALS

G. Gaidar
Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine
gaydar@kinr.kiev.ua

In the framework of the anisotropic scattering theory, a relation $\rho^{\langle 111\rangle}_{X(\infty)tension} = 9\,\frac{\rho^{\langle 111\rangle}_{X(\infty)compression}}{8K+1}$ was established for *n*-Ge single crystals, which allows one to obtain information on a quantity that is difficult to measure in experiments (the tension tensoresistance) from measurements of a well-measurable quantity (the compression tensoresistance in the saturation), which is important in practice.

Such an approach to the measurement methodology can be especially useful in radiation physics. After all, it is known that radiation treatment of semiconductors usually leads to an increase in the degree of heterogeneity of crystals and a decrease in the mobility of the main charge carriers and, as a consequence, to certain complications when studying relatively small effects.

PARAMETRIC SPACE FOR h2HDM WITH DIFFERENT THEORETICAL CONDITIONS

P. Minaiev, V. Skalozub
Oles Honchar Dnipro National University
ffeks@365.dnu.edu.ua

In the Early Universe there are many phase transition happened. The most important is the electroweak phase transition (EWPT) when particles acquired masses. Other important problem is baryogenesis.

As it is well known, in the Standard Model (SM) of elementary particles the baryogenesis is not explained. Experimental data is m_h=125 *GeV* and the EWPT is second order. Sakharov [1] proposed the conditions for generation of asymmetry between baryons and antibaryons. Today they are formulated as three baryogenesis conditions. According to them the phase transition should be strong first order. So Sakharov's conditions are violated.

The parametric space of two Higgs doublets model with m_h=125 *GeV* (h2HDM) is very rich [2]. The additional doublet of scalar fields gives us the new phenomenology described in many papers. For numerical calculations we should include theoretical condition for stability of vacuum, experimental measurements for couplings etc to obtain the bound for masses of particles. We want to add to known conditions the results from finite temperature field theory for EWPT to have new bound for parametric space. These theoretical restrictions can reduce parametric space where the Sakharov condition's are satisfied and fined the region of masses for new particles.

[1] Sakharov A.D. Violation of CP invariance, C asymmetry and baryon asymmetry of Universe JETP Lett, Vol. 5. No 24. (1967)
[2] Branco G.C., Ferreira P. M., Lavoura L., Rebelo M. N., Marc Sher, Joao P. Silva. Theory and phenomenology of two-Higgs-doublet models, Physics Reports. Vol. 516(1): (2012) p. 1–102
[3] Minaiev P., Skalozub V. The electroweak phase transition in a spontaneously magnetized plasma, Ukr. Phys. J., Vol. 64, No 8, (2019) p. 706

РАМАНІВСЬКА ХАРАКТЕРИЗАЦІЯ НАНОКРИСТАЛІЧНОЇ ФАЗИ НЕЛІНІЙНИХ ДІЕЛЕКТРИКІВ У ПОРАХ ОПАЛОВОЇ МАТРИЦІ

В. Моісеєнко, М. Дергачов, О. Огієнко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
vnmois@ukr.net

Робота присвячена дослідженню спектрів комбінаційного розсіяння світла нанокристалічної фази нелінійних діелектриків $Bi_{12}Si(Ge)O_{20}$, Bi_2TeO_5, TeO_2, $NaBi(MoO_4)_2$, $Pb_3(PO4)_2$ у порах синтетичних опалів як фотонних кристалів з діаметром

глобул 300 нм. Максимальний лінійний розмір пор складав 120 нм. Розплав відповідних монокристалів вводився у пористу опалову матрицю за рахунок капілярних сил. Нанокристалізація відбувалася на поверхні глобул, яка мала власну субструктуру з масштабом декілька нанометрів і створювала центри кристалізації. Для усіх зразків нанокомпозитів максимум брегівського відбиття зсувався з видимої у ближню інфрачервону область спектру. Спектри комбінаційного розсіяння світла вимірювались на лазерних спектрометрах на базі ДФС-12 та з використанням конфокального раманівського мікроскопа LabRamHR800. Збудження спектрів здійснювалось лазерним випромінюванням з довжинами хвиль 532 нм і 514.5 нм. Усі виміряні спектри мали резонансний вигляд, що характерно для кристалічної фази відповідних матеріалів. Для нанокристалічної фази $Bi_{12}Si(Ge)O_{20}$, Bi_2TeO_5, TeO_2 були виявлені нові полоси в спектрах, які були інтерпретовані додатковим формуванням у порах інших сполук за рахунок взаємодії розплаву з поверхнею глобул SiO_2. Додатковими сполуками, які сформувались в умовах нанокристалізації в порах синтетичних опалів, були відповідно для розплаву $Bi_{12}Si(Ge)O_{20}$ – ортосілікат вісмуту $Bi_4Si_3O_{12}$; для Bi_2TeO_5 - α-кристобаліт; для TeO_2 – додатково формувалась метастабільна фаза γ-TeO_2. В той же час для сполук $NaBi(MoO_4)_2$, $Pb_3(PO4)_2$ не було виявлено нових полос у спектрах комбінаційного розсіяння світла, але параметри полос відрізнялись від таких у спектрах монокристалів. Крім того інтегральна інтенсивність спектрів була значно більшою ніж для монокристалів (в однакових умовах збудження) і суттєво відрізнялась для різних точок поверхні (111) нанокомпозиту. Виявлені особливості спектрів для сполук $NaBi(MoO_4)_2$, $Pb_3(PO4)_2$ можуть бути обумовлені як нерівномірним розподілом речовини по зразку так і ефектами локалізації світла в приповерхневому шарі нанокомпозиту на дефектах структури, де густина оптичних станів різко зростає, а також ефектами структурного фокусування світла.

RAMAN CHARACTERIZATION OF THE NANOCRYSTALLINE PHASE OF NONLINEAR DIELECTRICS IN THE PORES OF THE OPAL MATRIX

V. Moiseienko, M. Derhachov, O. Ohiienko
Oles Honchar Dnipro National University
vnmois@ukr.net

The work is devoted to study of Raman spectra of nanocrystalline phase of nonlinear dielectrics $Bi_{12}Si(Ge)O_{20}$, Bi_2TeO_5, TeO_2, $NaBi(MoO_4)_2$, $Pb_3(PO4)_2$ in the pores of the opal matrix. In all cases, the measured Raman spectra corresponded to the crystalline phase state of the injected substance in the pores of the opal matrix. It was found that the new bands in the opal - $Bi_{12}SiO_{20}$ nanocomposites are due to the formation of bismuth orthosilicate $Bi_4Si_3O_{12}$ in the pores of opal during nanocrystallization. New bands for the opal - Bi_2TeO_5 nanocomposite correspond to α-cristobalite, and for the opal - TeO_2 nanocomposite are associated with the formation of the metastable γ-TeO2 phase in the pores of the opal. At the same time, no new bands were observed in opal - $NaBi(MoO_4)_2$ and opal - $Pb_3(PO_4)_2$ nanocomposites, but the parameters of the spectral components changed. These changes can be related to both the non-uniform filling of the structure of the opal matrix, due to the presence of surface and volume defects in it, and the localization of the field of exciting radiation on them, as well as the effects of structural light focusing.

СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК ОКСИДУ МІДІ (CuO)

С. Курищук[1], Т. Ковалюк[1,2], Г. Пархоменко[1], М. Солован[1]
[1]*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,*
[2]*Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics, Czech Republic*
kuryshchuk.serhii@chnu.edu.ua

Останнім часом проводиться пошук і дослідження дешевих та нетоксичних матеріалів для використання у тонкоплівкових сонячних елементах. Оксид міді широко використовується в фотоелектричній галузі, літій-іонних батареях, біологічних датчиках, газових датчиках, магнітних накопичувачах, мікроприладах та в якості негативних електродів. Він є актуальним матеріалом для виготовлення сонячних елементів. Основною його перевагою є те, що він може утворювати сполуки CuO та Cu_2O з шириною забороненої зони для CuO 1.3 еВ – 2.1 еВ, а для Cu_2O 2.1 еВ – 2.6 еВ. Такі плівки можуть володіти n- або p- типом провідності. Завдяки цьому вченим вдалося створити тонкоплівкові сонячні елементи на основі гетеропереходів Cu_2O/CuO.

Виготовлення тонких плівок CuO проводилося в універсальній вакуумній установці Leybold-Heraeus L560. Напилювались тонкі плівки CuO методом реактивного магнетронного розпилення на скляні підкладки, температура яких складала: для зразка №1 – 300 К та для зразка №2 – 523 К.

Структурні властивості тонких плівок оксиду міді (CuO) досліджувались за допомогою скануючого електронного мікроскопа (MIRA3 FEG, Tescan) та рентгенівського дифрактометра XRD System – SmartLab, Rigaku.

Опромінення зразків пучком електронів призвело не тільки до утворення вторинних і відбитих електронів, а також викликало появу характеристичного *X*-хвильового випромінювання (типові залежності представлено на рис. 1).

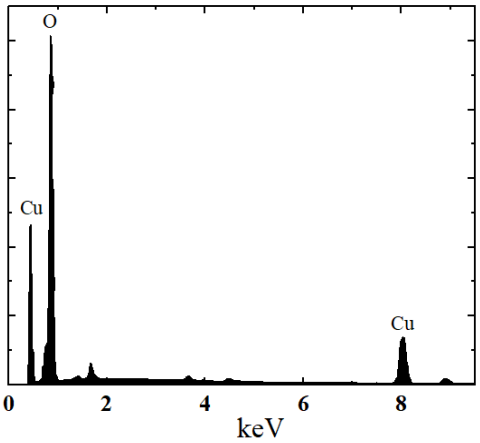


Рис. 1. EDS-спектр для тонкої плівки CuO 1.

Аналіз характеристичного *X*-хвильового випромінювання дозволив визначити елементний склад мікрооб'єму досліджуваних тонких плівок, що відповідає стехіометричному складу тонких плівок CuO, а також показано деяке відхилення від стехіометрії для тонких плівок CuO №2.

На дифрактограмах тонких плівок CuO (Рис. 2) спостерігаються домінуюче відбивання від площини (-111) при 35.5° і відбивання меншої інтенсивності від площин (111) при 38.54° , (110) – 32.5° і (220) при 66.7°. Наявність цих піків узгоджуються з літературними даними отриманими в роботах [1-2].

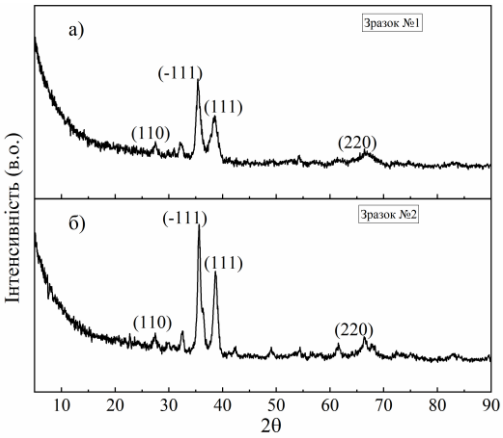


Рис. 2. Дифрактограми тонких плівок CuO отриманих при різних температурах підкладки: а) Зразок №1; б) Зразок №2.

Спостерігається більша інтенсивність піків для тонких плівок отриманих при вищих температурах підкладки, що може бути зумовлено кращою структурною досконалістю тонких плівок та більшим розміром зерен [3].

Використовуючи рівняння Шерера визначили розмір зерен для плівок CuO отриманих при різних температурах підкладки :
при нижчій температурі підкладки *D* становить ~ 16 нм, а для плівок отриманих при вищій температурі – *D* ~ 26 нм.

[1] Dolai S., Dey R., Das S., Hussain S., Bhar R., Pal A. K. Cupric oxide (CuO) thin films prepared by reactive dc magnetron sputtering technique for photovoltaic application. Journal of Alloys and Compounds. Vol 724. (2017). P. 456-464.
[2] Sangwaranatee N., Chananonnawathorn C., Horprathum M. Deposition of CuO thin film prepared by DC reactive magnetron sputtering. Materials Today: Proceedings. Vol 5.6. (2018). P. 13896-13899.
[3] Murali D. S., Kumar S., Choudhary R. J., Wadikar A. D., Jain M. K., Subrahmanyam A. Synthesis of Cu_2O from CuO thin films: Optical and electrical properties. AIP advances. Vol. 5(4). (2015). P. 047143.

STRUCTURAL PROPERTIES OF COPPER OXIDE (CuO) THIN FILMS

S. Kuryshchuk[1], T. Kovalyuk[1,2], H. Parkhomenko[1], M. Solovan[1]
[1]Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
[2]Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics, Czech Republic
kuryshchuk.serhii@chnu.edu.ua

The structural properties of copper oxide (CuO) thin films were studied using a scanning electron microscope (MIRA3 FEG, Tescan) and an X-ray diffractometer XRD System - SmartLab, Rigaku.

Using Scherer's equation, the grain size for CuO films obtained at different substrate temperatures was determined: at a lower substrate temperature D is ~ 16 nm, and for films obtained at a higher temperature - D ~ 26 nm.

EFFECTIVE CHARGE AT A_0 BACKGROUND

V. Skalozub
Oles Honchar Dnipro National University
Skalozubv@daad-alumni.de

In quantum chromodynamics at high temperature, a new matter state - quark-gluon plasma - is created. Its background is formed out of so-called A_0 condensate which is a constant constituent of the gluon field potential $Q_\mu = [Q_0 = A_0 + (Q_0)_{rad.}, (Q_i)_{rad.}]$ and $Q_{rad.}$ are radiation fields. This constant potential is related with the Polyakov loop and could serve as the order parameter of the deconfinement phase transition. At low temperatures $T < T_d$, $A_0 = 0$. For $T > T_d$ and $A_0 \neq 0$. In this phase color becomes open and colored states are realized.

The generation of A_0 was derived from a two-loop effective potential $W(A_0) = W(A_0)^{(1)} + W(A_0)^{(2)}$. Review paper on this topic is [3] where detailed information is presented. The result of calculation for SU(2) gluodynamics in a background Feynman gauge reads [1], [2]:

$$W(x) = W^{(1)}(x) + W^{(2)}(x), \tag{1}$$

$$\beta^4 W^{(1)}(x) = \frac{2}{3}\pi^2 \left[B_4(0) + 2B_4\left(\frac{x}{2}\right)\right],$$

$$\beta^4 W^{(2)}(x) = \frac{1}{2} g^2 \left[B_2^2\left(\frac{x}{2}\right) + 2B_2(0)B_2\left(\frac{x}{2}\right)\right],$$

where $B_i(x)$ are Bernoulli's polynomials, $x = gA_0\beta/\pi$, g is coupling constant and $\beta = T^{-1}$ is inverse temperature. In what follows, we consider the interval $0 \le x \le 2$. The Bernoulli's polynomials defined *module* 1 are

$$B_1(x) = x - \frac{x}{2|x|},\ B_2(x) = x^2 - |x| + \frac{1}{6}, \tag{2}$$

$$B_3(x) = x^3 - \frac{3}{2}\frac{x^3}{|x|} + \frac{1}{2}x,$$

$$B_4(x) = x^4 - 2|x|^3 + x^2 - \frac{1}{30}.$$

At $x = 0$ the $B_1(x)$ is defined to be 0.

To find minima of it we apply an expansion in powers of g and get

$$\beta^4 W_{min} = \beta^4 W(0) - \frac{1}{64\pi^2} g^4,$$

$$(x_{cl})_0 = g^2 \frac{1}{4\pi^2}, \tag{3}$$

where the first term is the value at $x=0$. Just the minimum value $(x_{cl})_0$ is realized in the plasma.

Now, to derive the dependence of the coupling on the condensate, we introduce the definition

$$\frac{1}{\bar{g}^2}=\frac{1}{g^2}\frac{\partial W}{\partial W^{(1)}}=\frac{1}{g^2}\left(1+\frac{\partial W^{(2)}}{\partial W^{(1)}}\right). \tag{4}$$

where $\bar{g}^2$ is an effective parameter determined from the correlation of the two-loop $W(x)^{(2)}$ and on-loop $W(x)^{(1)}$ radiation contributions. Remind that here $x=\left(x_{cl}\right)_0$ (3). In one loop order the condensate is absent and $\bar{g}^2=g^2$. It worth to note that an actual value of g^2 could be dependent on other parameters - temperature, fields, etc. Relation (4) accounts for the $\left(x_{cl}\right)_0$, only. Such a situation is due to the spontaneous generation of the A_0 condensate at two loop level and the effective charge is considered at this background.

Taking into consideration the relation for the Bernoulli polynomials $\frac{dB_n(x)}{dx}=nB_{n-1}(x)$, (4) can be written as

$$\bar{g}^2=\frac{g^2}{1+\frac{g^2}{8\pi^2}\left(3+\frac{1}{2}\frac{B_1[x/2]}{B_3[x/2]}\right)}. \tag{5}$$

To investigate $\bar{g}^2$ (5) as a function of spontaneously generated A_0 field we have to set $x\to(x_{cl})_0=g^2/4\pi^2$. Since the charge g^2 is temperature dependent and due to asymptotic freedom it decreases with temperature increase, we calculate the effective charge for a number of decreasing values. The results are presented in Table.

Table 1. Fit results for effective charge

g^2	2	1	0.5
$\overline{g^2}$	3.5523	1.8812	0.9693

As we see, due to the presence of A_0 condensate the effective coupling parameter is approximately twice increased and even for $g^2=0.5$ is close to unit. This is unexpected behavior which should be taken into account when the deconfinement phase transition and the high temperature plasma are investigated. In particular, the values of $\bar{g}^2$ have to be used in a perturbation calculations of radiation corrections in the plasma. It is important that the expansion parameter of the theory $\sim g^2/8\pi^2$ remains small and the effective potential (1) is the reliable approximation.

[1] V.M. Belyaev, Phys. Lett. B254 (1991) 153.
[2] V. V. Skalozub, Mod. Phys. Lett. A7 (1992) 2895.
[3] O.A. Borisenko, J.Boháčik and V. V. Skalozub, Fortch. Phys. 43 (1995) 301.

ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК ВИСОКОЕНТРОПІЙНОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ Co-Cr-Fe-Mn-Ni

О. Кушнерьов, С. Рябцев, В. Башев
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kushnrv@gmail.com

Розвиток теорій і технологій в галузі створення нових матеріалів призвів до збільшення кількості елементів у складі багатокомпонентних сплавів. У останні десятиліття розроблено новий клас металевих сполук – так звані багатокомпонентні високоентропійні сплави (ВЕС). Такі сплави вміщують у собі не менше п'яти елементів у еквіатомних або достатньо близьких до еквіатомних концентраціях (зазвичай від 5 до 35 ат.%) [1]. Головна особливість ВЕС полягає у формуванні однофазних, термодинамічно стійких твердих розчинів заміщення з кубічною об'ємноцентрованою (ОЦК) або гранецентрованою (ГЦК) ґраткою. Стабілізація твердого розчину при кристалізації забезпечується високою ентропією змішування компонентів у розплаві. Максимальне значення ентропії змішування, вочевидь, досягається при еквімолярних співвідношеннях елементів. ВЕС характеризуються багатьма корисними характеристиками, такими як твердість, зносостійкість, стійкість до окислення, корозії та іонізуючого випромінювання [1-3]. Завдяки цьому вони можуть бути перспективними матеріалами для багатьох галузей техніки. Водночас більшість ВЕС досліджувалися у литому стані, тоді як вивченню тонких плівок високоентропійних сплавів приділялося значно менше уваги.

Дана робота присвячена дослідженню тонких плівок високоентропійного сплаву $Co_{19}Cr_{18}Fe_{22}Mn_{21}Ni_{20}$ (у ат.%), що належить до системи Co-Cr-Fe-Mn-Ni. Плівки були отримані за допомогою іонного-плазмового розпилення мозаїчних мішеней, що складалися з чистих металів. Процес осадження плівок проводили при кімнатній температурі в атмосфері Ar. Товщина отриманих зразків становила ~ 110 нм. Рентгенодифракційні дослідження показали, що безпосередньо після отримання тонкі плівки $Co_{19}Cr_{18}Fe_{22}Mn_{21}Ni_{20}$ мають аморфну структуру. Деякі зразки отриманих тонких плівок відпалювали при 600ºС у вакуумній печі. Після термічної обробки у плівках $Co_{19}Cr_{18}Fe_{22}Mn_{21}Ni_{20}$ має місце перехід з аморфного у кристалічний стан. При цьому кристалічна структура являє собою головним чином невпорядкований твердий розчини типу ГЦК із параметром решітки a = 0,3613 нм. У відпалених плівках також утворюється кубічна B2 фаза типу FeCo з параметром решітки 0,2857 нм. В результаті окислення невеликою кількістю кисню що залишався у вакуумній камері після відпалу також утворюється дисперсна фаза кубічного оксиду марганцю MnO із решіткою типу ГЦК.

Магнітні властивості плівок вимірювалися за допомогою вібраційного магнітометра. Аморфні зразки тонких плівок $Co_{19}Cr_{18}Fe_{22}Mn_{21}Ni_{20}$ демонструють типові магнітом'які характеристики із значенням коерцитивної сили 400 А/м. Після відпалу значення коерцитивної сили зростає до 8760 А/м. Тому відпалені плівки можна розглядати як магнітотверді матеріали. Відносно високе значення намагніченості, отримане у плівках $Co_{19}Cr_{18}Fe_{22}Mn_{21}Ni_{20}$, та його зростання після відпалу можна пояснити, враховуючи, що намагніченість насичення сплаву залежить головним чином від структури та складу, зокрема, від магнітообмінної взаємодії. Таким чином, кристалізація супроводжується огрубінням структури, а фазове перетворення може

призвести до зміни магнітних властивостей. Очевидно, що основну роль у збільшенні намагніченості відіграє фаза FeCo, яка характеризується високими значеннями намагніченості насичення. Утворення мінорної фази оксиду марганцю також повинно сприяти тому, що антиферомагнітний порядок, пов'язаний з атомами Mn, пригнічується на користь феромагнетизму. Збільшення коерцитивної сили вочевидь також відбувається за рахунок утворення мікрокристалічної структури, що містить багато дефектів і нановключень, що перешкоджає зміщенню доменних стінок при перемагнічуванні.

Температурні залежності електроопору, виміряні із застосуванням чотирьохконтактного методу, підтверджують наявність фазового переходу, що відбувається в процесі нагрівання. Вони також показали, що плівки у вихідному аморфному стані характеризуються дуже низьким значенням температурного коефіцієнта опору (середнє значення ~ $3{,}5 \cdot 10^{-5}$ 1/K, тоді як після кристалізації вона збільшується до $5{,}1 \cdot 10^{-4}$ 1/K).

[1] High–entropy alloys. Fundamentals and Applications. Ed. by M. C. Gao, J.–W. Yeh, P. K. Liaw, and. Y. Zhang. Cham:Springer International Publishing. (2016). 516 p.
[2] Kushnerov O. I., Bashev V.F. Structure and physical properties of cast and splat-quenched $CoCr_{0.8}Cu_{0.64}FeNi$ high entropy alloy. East European Journal of Physics. №3.(2021) P. 43–48.
[3] Polonskyy V. A.. Bashev V.F., Kushnerov O.I. Structure and corrosion-electrochemical properties of Fe-based cast high-entropy alloys. Journal of Chemistry and Technologies. Vol.28. (2020). P. 177-185.

PHYSICAL PROPERTIES OF Co-Cr-Fe-Mn-Ni HIGH-ENTROPY ALLOY THIN FILMS

O. Kushnerov, S. Ryabtsev, V. Bashev
Oles Honchar Dnipro National University
kushnrv@gmail.com

$Co_{19}Cr_{18}Fe_{22}Mn_{21}Ni_{20}$ high entropy alloy thin films have been synthesized by ion plasma sputtering of mosaic targets consists of pure metals. The as-deposited HEA film thickness was estimated to be ~ 110 nm. Single diffuse halo is observed on the XRD patterns of the as-deposited films, that confirms their amorphous structure. Some of the thin films were annealed at 600ºC in a vacuum furnace. After the heat treatment, the $Co_{19}Cr_{18}Fe_{22}Mn_{21}Ni_{20}$ film transforms from an amorphous form into a crystallized FCC solid solution structure with the lattice parameter a=0.3613 nm. The cubic B2 phase of FeCo with a lattice parameter of 0.2857 nm is also formed in the annealed films. As a result of oxidation by the small amount of oxygen in the vacuum chamber, a dispersed phase of cubic FCC manganese oxide MnO is also formed after annealing. The magnetic properties of the films were measured by a vibrating sample magnetometer. The as-deposited HEA film exhibits the soft magnetic properties and the coercivity of 400 A/m. After annealing the value of coercivity increase to 8760 A/m. So the annealed films can be considered as hard magnetic materials. The temperature dependencies of electrical resistivity, measured by the four-point technique showed that the films in the initial amorphous state are characterized by a very low value of the temperature coefficient of resistance (average value ~$3.5 \cdot 10^{-5}$ 1/K, while after crystallization it increases up to $5.1 \cdot 10^{-4}$ 1/K.

ВПЛИВ ВАКУУМНОГО ВІДПАЛУ НА СКЛАД ПЛІВОК CuO, ОТРИМАНИХ МЕТОДОМ ДРУКУ

В. Євдокименко, Р. Пшеничний, О. Д'яченко, А. Опанасюк
Сумський державний університет
v.yevdokymenko@ekt.sumdu.edu.ua, opanasyuk_sumdu@ukr.net

Серед оксидних напівпровідників оксид міді викликає особливий інтерес завдяки своїм унікальним фотоелектричним властивостям та широкій розповсюдженості і дешевизні компонентів. Мідь, будучи багатовалентною, утворює декілька оксидів, серед яких CuO та Cu_2O є добре відомими напівпровідниковими матеріалами *p*-типу. Їх виміряна ширина забороненої зони в залежності від стану і методу одержання складає 1,3 еВ – 2,1 еВ для CuO і 2,1 еВ – 2,6 еВ для Cu_2O. Провідність *p*-типу в цих оксидах виникає внаслідок існування негативно заряджених вакансій Cu.

Плівки Cu_xO широко використовуються в різноманітних електронних пристроях, таких як тонкоплівкові транзистори, фотоперетворювачі, розумні вікна, ІЧ-детектори, оптичні обмежувачі, тощо. Окрім традиційних методів, таких як імпульсне лазерне осадження, CVD, магнетронне напилення, тощо, плівки оксиду міді можна наносити шляхом використання більш дешевих невакуумних методів, включаючи спрей-піроліз, друк принтерами, спін-коатінг тощо. Такі плівки у подальшому потребують термічного відпалу для видалення хімічних домішок та покращення їх структурних характеристик. Відомо, що різні умови відпалу дають змішані фази оксиду міді з різними фізичними властивостями. Останні дослідження показують, що, наприклад, відпал CuO у вакуумі (при 500 °C до Cu_2O) покращує оптичні (коефіцієнт пропускання) та електричні (рухливість) характеристики тонких шарів. В той же час одержання хімічно осаджених плівок Cu_xO на прозорих підкладках (наприклад, на склі) з високою оптичною прозорістю та рухливістю дірок (як вимагається при використанні їх як віконних шарів) все ще є проблемою.

Метою роботи є дослідження впливу вакуумного відпалу в аргоні на висушені плівки оксиду міді, одержані методом друку чорнилами на основі наносуспензій, вивчення їх структурних характеристик залежно від температури відпалу з метою їх оптимізації.

Для вивчення структурних характеристик плівок оксиду міді використовували рентгенівський дифрактометр ДРОН 4-07. Всі вимірювання проводились із використанням K_α-випромінювання мідного анода. Дифракцію рентгенівських променів проводили в режимі безперервної реєстрації випромінювання (швидкість 2°/хв з кроком 0,05 град.) у діапазоні сканування кутів 2θ від 20° до 80°, де 2θ – кут Вульфа-Брегга. Результати експерименту передавались безпосередньо до програмного забезпечення DifWin для аналізу.

Результати дослідження відпалених плівок CuO методом рентгенівської дифракції (XRD) наведені на рисунку 1. Встановлено, що зразки відпалені при температурах T_a = (250–400) °C, мають на дифрактограмах домінуючи відбиття від кристалографічних площин (11-1), (111), (20-2), (202), (11-3), (31-1), (113), (004), які відповідають однофазній моноклінній структурі CuO (JCPDS № 48-1548). Зі збільшенням температури відпалу з 400 °C до T_a = (450–500) °C, як показав аналіз, дифрактограми змінюють свою структуру. На дифрактограмах з'являються відбивання від площин: (110), (111), (200), (220), (311), (222), які відповідають кубічній фазі Cu_2O (JCPDS № 05-0667). Це вказує на те, що процес вакуумного відпалу дозволяє ефективно перетворювати CuO у Cu_2O, коли температура відпалу зростає до 500 °C і вище.

Механізм процесу вакуумного відпалу оксиду міді можна інтерпретувати як десорбцію кисню у вакуум. Зміна фазового складу плівок від CuO до Cu_2O викликана міграцією меж фаз між оксидами, викликаною дифузією кисню в реакції $4CuO \rightarrow 2Cu_2O + O_2$ вздовж меж зерен [1]. В результаті невеликий приріст температури відпалу (близько 50 °C) стає ефективним для перетворення моноклінної фази в кубічну.

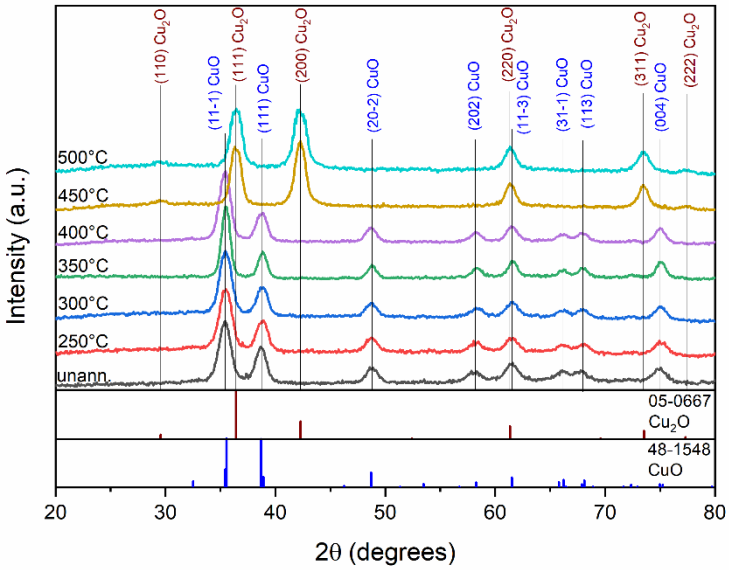


Рис. 1. Дифрактограми від плівок оксиду міді, відпалених у аргоні при різній температурі

Таким чином, встановлено, що змінюючи температуру і час відпалу, можна ефективно керувати складом плівок оксиду міді, створюючи, наприклад, ізотипні гетеропереходи *p*-Cu_2O / *p*-CuO для застосування в гнучкій електроніці, простим низькотемпературних методом друку тонких шарів з використанням принтерів та розроблених наночорнил.

[1] Yu J., Liu G., Liu A., Meng Y., Shin B., Shana F. Solution-processed p-type copper oxide thin-film transistors fabricated by using one-step vacuum annealing technique. Journal of Materials Chemistry C. Vol.3. (2015). P. 9509-9513.

EFFECT OF VACUUM ANNEALING ON THE COMPOSITION OF CUO THIN FILMS OBTAINED BY PRINTING METHOD

V. Yevdokymenko, R. Pshenychnyi, O. Diachenko, A. Opanasyuk
Sumy State University
v.yevdokymenko@ekt.sumdu.edu.ua, opanasyuk_sumdu@ukr.net

Copper oxide (CuO) thin films were fabricated on glass substrates by applying pre-synthesized nanoinks using a 3D printer. The coated CuO films were annealed at (250–400) °C for 30 min in a vacuum. The X-ray diffraction results showed that at annealing temperatures of T_a = 250 °C – 400 °C, samples had a single-phase monoclinic structure of CuO, with an increase in annealing temperature above 400, a new phase of cubic Cu_2O was formed, no other impurities were detected. The films, annealed at T_a = 400 °C and T_a = 500 °C, have different phases and good fundamental characteristics for application in microelectronic devices, especially in solar cells and thermoelectric generators.

НЕРІВНОВАЖНА ВІЛЬНА ЕНЕРГІЯ ПРОСТОРОВО-НЕОДНОРІДНИХ СИСТЕМ У МІКРОСКОПІЧНІЙ ТЕОРІЇ

К. Гапоненко, О. Соколовський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kgaponenko@i.ua

Робота ґрунтується на означенні Леонтовича–Ландау нерівноважної вільної енергії системи, нерівноважний стан якої описується параметрами η_a. В цьому означенні розглядається вільна енергія $F(T,h)$ рівноважної системи у зовнішньому полі h_a, взаємодія якого з системою описується функцією Гамільтона $\hat{U}=\sum_a \hat{\eta}_a h_a$, де $\hat{\eta}_a$ – мікроскопічне значення параметрів η_a. Перетворення Лежандра $F_L = F - \sum_a \eta_a h_a$ дає вільну енергію $F_L(T,\eta)$ як функцію середніх значень η_a мікроскопічних величин $\hat{\eta}_a$ (величина h_a виступає тут як спряжена з η_a термодинамічна величина). Стверджується, що функцію $F_n(T,\eta,h) \equiv F_L(T,\eta) + \sum_a \eta_a h_a$ (η_a – незалежна змінна, h_a – зовнішнє поле) можна вважати нерівноважною вільною енергією системи, стан якої описується параметрами η_a. Рівноважне значення η_a відповідає мінімуму функції $F_n(T,\eta,h)$ при фіксованих значеннях температури T і зовнішнього поля h_a (див. докладне обговорення в нашій роботі [1]).

Ландау в своїй теорії фазових переходів II роду постулював вид функції $F_L(T,\eta)$ за малих значень параметрів η_a. В нашій роботі [1] термодинамічний потенціал $F_L(T,\eta)$ обчислено біля рівноваги і в гауссовому наближенні знайдено

$$F_L(T,\eta) = F_0 + \frac{T}{2}\sum_{ab} A_{ab}^{-1}\delta\eta_a\delta\eta_b + O(\delta\eta^3), \qquad \delta\eta_a \equiv \eta_a - \eta_{a0}. \tag{1}$$

Тут $A_{ab} \equiv \langle \hat{\eta}_a \hat{\eta}_b \rangle$ – рівноважна кореляційна функція величин $\hat{\eta}_a$, η_{a0} – рівноважні значення параметрів η_a, F_0 – вільна енергія системи (все за відсутності зовнішнього поля). В даній роботі отримані результати узагальнено на випадок просторово-неоднорідних станів, в яких нерівноважний стан описується параметрами $\eta_a = \xi_i(x)$, а зовнішнє поле функцією $h_a = h_i(x)$ включається формулою $\hat{U} = \sum_i \int_V d^3x h_i(x)\hat{\xi}_i(x)$. З математичної точки зору стан системи простіше описувати компонентами Фур'є $\xi_{ik} = \int_V d^3x\, \xi_i(x) e^{-ikx}$ функцій $\xi_i(x)$, використовуючи періодичні крайові умови. При цьому внесок зовнішнього поля в функцію Гамільтона системи набуває вигляду $\hat{U} = \sum_{ik} h_{ik}^* \hat{\xi}_{ik} / V$ і всі формули роботи [1] залишаються справедливими, якщо покласти $h_a = h_{ik}^*$, $\eta_a = \xi_{ik}$, $\sum_a \ldots = V^{-1}\sum_{ik} \ldots$. Зокрема залишається незмінним наш вираз для термодинамічного потенціалу (1), але його можна привести до вигляду

$$F_L(T,\xi) = F_0 + \frac{T}{2}\sum_{ii',k} A_{ii'}^{-1}(k)\delta\xi_{ik}\delta\xi_{i'k}^* + O(\delta\xi^3), \qquad A_{ii'}(k) \equiv \langle \hat{\xi}_{ik}\hat{\xi}_{i'k}^* \rangle. \tag{2}$$

Найбільший інтерес становлять слабко неоднорідні стани, в яких величини $\delta\xi_{ik}$ відмінні від нуля тільки за малих k. В такому випадку функцію $A_{ii'}^{-1}(k)$ можна розкласти в (3) за степенями k_l, що за певною симетрії системи дає відомий вираз Ландау [2]

$$F_L(T,\xi) = F_0 + \int_V d^3x\left[a_{ii'}\delta\xi_i(x)\delta\xi_{i'}(x) + g_{ii',nl}\nabla_n\delta\xi_i(x)\cdot\nabla_l\delta\xi_{i'}(x) + O(\delta\xi^3)\right], \qquad (3)$$

де $a_{ii'}$, $g_{ii',nl}$ – деякі функції температури T.

[1] Haponenko H. M., Sokolovsky A.I. Non-equilibrium Gibbs thermodynamic potential of a magnetic system. Visnik Dnipropetrovs'kogo Unìversitetu. Seria Fizika, Radioelektronika. Vol.24, Issue 23. (2016). P.45-52.
[2] Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Часть 1. – М.: Наука, 1976. – 583 с.

NONEQUILIBRIUM FREE ENERGY OF SPATIALLY NONUNIFORM SYSTEMS IN MICROSCOPIC THEORY

K. Haponenko, A. Sokolovsky
Oles Honchar Dnipro National University
kgaponenko@i.ua

The work is based on the Leontovich–Landau definition of the nonequilibrium free energy of a system, the nonequilibrium state of which is described by some parameters (in the theory of phase transitions of the second kind these are order parameters). This definition considers the free energy of the equilibrium system in the external field, which is included through the microscopic values of the order parameters. With the help of the Legendre transformation of free energy, the thermodynamic Leontovich–Landau potential is introduced, for which these parameters become its own variables. This potential is considered as nonequilibrium free energy in the absence of an external field. However, in this paper we specify the definition of nonequilibrium free energy in the presence of the external field. With its help equilibrium value of the order parameters are found with condition of a minimum at the fixed temperature and external field.

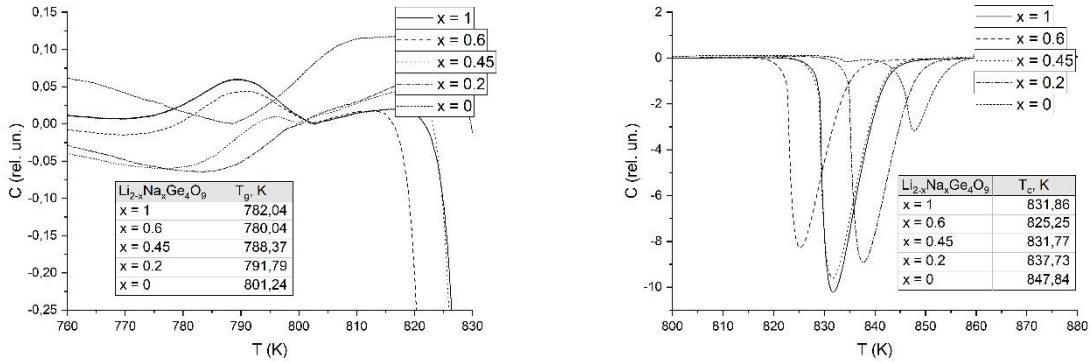
Landau proposed a phenomenological theory of phase transitions of the second kind, which uses the first terms of the expansion of the Leontovich–Landau potential into a series in degrees of the order parameter. In our previous work a microscopic theory was constructed that gives expressions for the coefficients of this expansion. In the present work, our consideration is generalized to the case when the order parameters depend on the coordinates, and the spatially inhomogeneous states are investigated. Here a theory is developed that describes the order parameters by their Fourier components based on the periodic boundary conditions. It is established that the theory for spatially inhomogeneous states is embedded in the theory of our previous works by complicating the numbering of the components of the order parameters and generalizing the summation procedure with the subsequent execution of the thermodynamic boundary transition. In this paper nonequilibrium free energy is studied only in the Gaussian approximation in deviations of order parameters from their equilibrium values, since this is sufficient to substantiate the assumptions of Landau's phenomenological theory to consider spatially inhomogeneous states. In this regard, the properties of the binary correlation function of the order parameters are analyzed. Focusing on the needs of the theory of phase transitions weakly inhomogeneous states are analyzed in which the gradients of the order parameters are small. As a result, the nonequilibrium free energy is found up to the second-order contributions in the gradients of the order parameters.

КРИСТАЛІЗАЦІЯ АМОРФНИХ РОЗЧИНІВ $Li_{2-x}Na_xGe_4O_9$

Є. Скрипнік, М. Трубіцин, А. Дяченко, М. Волнянський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
zhenya.skripnik.1997.2@gmail.com

Синтез наноструктурованих сполук є ефективним методом отримання твердих електролітів, перспективних для практичного використання в автономних джерелах живлення та електромеханічних перетворювачах. Один з методів приготування наноструктурованої склокераміки полягає у керованій кристалізації аморфної фази. Роботу присвячено вивченню кристалізації стекол $Li_{2-x}Na_xGe_4O_9$ методом ДСК.

На Рис.1 представлено температурні залежності питомої теплоємності C, виміряні при нагріванні стекол $Li_{2-x}Na_xGe_4O_9$ (x = 1, 0.6, 0.45, 0.2, 0). Збільшені фрагменти залежностей C(T) в околі температури розстеклування T_g представлені на Рис. 1а. На Рис. 1б представлені екзотермічні піки C(T), які відповідають температурам T_C максимального росту об'єму упорядкованої фази. Температури розстеклування T_g виявляються на 40-50 К нижчі за температури кристалізації T_C (див. табл. на Рис.1).



а **б**

Рис. 1. Температурні залежності питомої теплоємності C при нагріві і девітрифікації стекол $Li_{2-x}Na_xGe_4O_9$: а – діапазон температур навколо T_g; б – діапазон навколо T_C.

Отримані дані вказують, що кристалізація стекол $Li_{2-x}Na_xGe_4O_9$ відбувається через єдиний процес і відповідає поліморфному механізму.

CRYSTALLIZATION OF AMORPHOUS SOLUTIONS $Li_{2-x}Na_xGe_4O_9$

Ye. Skrypnik, M. Trybitsyn, A. Diachenko, M. Volnianskii
Oles Honchar Dnipro National University
zhenya.skripnik.1997.2@gmail.com

Crystallization of $Li_{2-x}Na_xGe_4O_9$ glasses (x = 1, 0.6, 0.45, 0.2, 0) has been performed on heating and studied by differential scanning calorimetry. It has been shown that the glasses devitrify through a single stage. It is assumed that crystallization correspond to polymorphic mechanism.

СТРУКТУРА ЗАГАРТОВАНИХ З ПАРИ ПЛІВОК Mn і MnCr

С. Рябцев, В. Башев, О. Єліна, С. Хижко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
siryabts@gmail.com

Зміна умов напилення плівок іонно-плазмовим методом дозволяє в широких межах змінювати структуру цих плівок і спостерігати властивості, не зафіксовані в масивних зразках.

У даній роботі методами рентгеноструктурного аналізу, електронної мікроскопії, магнітних вимірювань і побудови температурних залежностей електроопору досліджені особливості формування структури плівок і їх фізичні властивості.

Раніше встановлено, що основні параметри, що визначають умови нанесення плівок методом модернізованого трьохелектродного іонно-плазмового напилення, такі як: тиск плазмоутворюючого газу, енергія розпилених атомів і швидкість напилення, дозволяють проводити цілеспрямовану зміну розмірів областей когерентного розсіювання (ОКР) і енергії активації фазових переходів E_A [1, 2].

Об'єктами дослідження в даній роботі були плівки чистого Mn і плівки системи MnCr складу Mn-(7, 10, 14, 18)ат.%Cr. Товщини плівок становили d=150-550 нм. Плівки складів Mn-(10, 14, 18)ат.%Cr отримані при тиску газу Ar ~5,3 сПа і швидкості осадження ~0,2 нм/с. Плівки Mn-7ат.%Cr отримані при тиску Ar ~11,9 сПа і швидкості осадження~0,1 нм/с.

Результати рентгенофазового аналізу плівок приведені на Рис. 1 а,б.

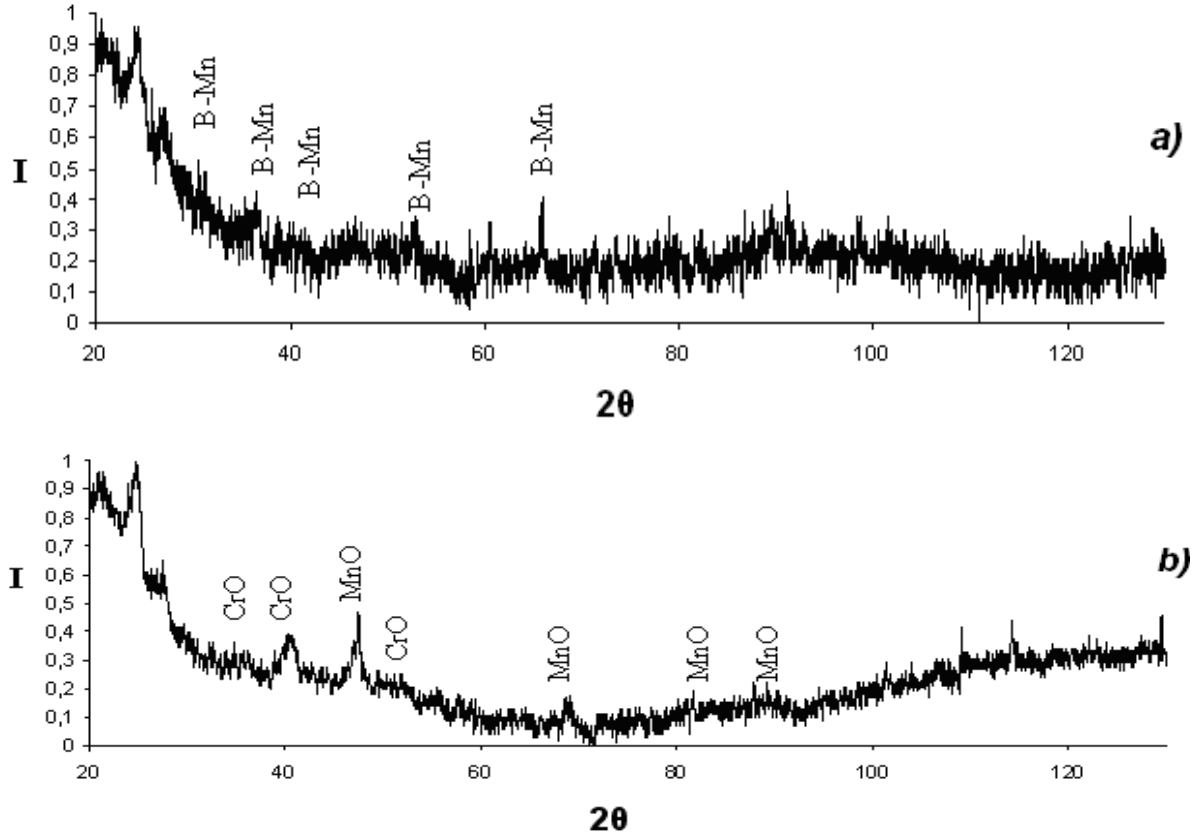


Рис 1. Рентгенограми плівок MnCr: а) у щойнонапиленому стані б) після термообробки при 853 К

Рентгенофазовий аналіз і розрахунок розмірів (L) областей когерентного розсіювання (ОКР) за формулою Селякова-Шеррера показали, що у свіжонапилених плівках чистого Mn формується нанокристалічна фаза (НКФ) кубічного Mn, розмір ОКР якої L~6,6-7,4 нм. В плівках MnCr утворюється твердий розчин дисперсної фази β-Mn з розміром ОКР L=7,5 нм (Рис. 1 а). Після термообробки плівок Mn і MnCr в вакуумі при ~733 К утворюється оксид MnO з розміром ОКР L~9-10,4 нм (Рис. 1 б).

Енергія активації (E_a) фазових перетворень, яка розрахована методом Киссенджера, для плівок чистого Mn при швидкості осадження ~ 0,2 нм/с становить ~ 17300 К і суттєво перевищує E_a плівок, яки отримані зі швидкістю осадження ~ 0,1 нм/с ((E_a ~ 5000 К)

У разі плівок MnCr умови осадження не привели до істотної зміни енергії активації (E_a~3000-5000 К). Дослідження намагнічування плівок показали анізотропію властивостей. Коерцитивна сила зразків становить ~ 30-50 Е в паралельному поле. У полі, перпендикулярному плівці, гістерезисні властивості не виявлялися.

[1] S. Ryabtsev, V. Bashev, O. Kushnerov, N. Kutseva, S. Antropov. Metastable states in high carbon C– (Fe, Ni, Co) films obtained by three-electrode ion-plasma sputtering/ Molecular Crystals and Liquid Crystals Volume 699, 2020 Issue 1, Pages 90-96 (Published online: 23 Jul 2020, https://doi.org/10.1080/15421406.2020.1732543)

[2] S. Ryabtsev, P. Gusevik, V. Bashev, F. Dotsenko. A Structure and Physical Properties of Ni Films in Metastable States. Journal of Materials Science and Engineering A. (Structural Materials: Properties, Microstracture and Processing). 2012, volume 2, Issue 9 (serial number 13), pp.648-653 **ISSN:** 2161-6213 DOI:10.17265/2161-6213/2012.09.011

STRUCTURE OF MN AND MNCR FILMS AFTER QUENCHING FROM THE VAPOR PHASE

S. Ryabtsev, V. Bashev, O. Yelina, S. Khizhko

Oles Honchar Dnipro National University

siryabts@gmail.com

The abstracts of the report are devoted to the nonequilibrium factors of the formation of a nanocrystalline structure during quenching from vapor.

It was found that the nanocrystalline phase (NCP) of cubic Mn is formed in freshly deposited films of pure Mn or a metastable dispersed solid solution of β-Mn with Cr is formed in freshly deposited films of Mn-Cr.

It is shown that an increase in the flux of deposited atoms leads to an increase in the activation energy (Ea) of the onset of structural changes for pure Mn films. For example, for pure Mn films at a deposition rate of ~ 0.2 nm/s, E_a is ~ 17300 K and significantly exceeds E_a for films obtained with a deposition rate of ~ 0.1 nm/s (E_a ~ 5000 K).

Anisotropy of the magnetic properties of the Mn, Mn-Cr films was found. In a parallel field, the coercive force of the samples is ~ 30-50 E. In a field perpendicular to the film, hysteresis properties are not manifested.

РОЗКЛАДЕННЯ СПЕКТРУ ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ ЗРАЗКА ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЇЇ ЯКОСТІ

О. Морозов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
morozov@ffeks.dnu.edu.ua

Можливість розкласти інтегральний спектр фотолюмінесценції (ФЛ), наприклад, картоплі – комплексу органічних речовин з визначенням відсоткового складу в ньому крохмалю, сахарози, лимонної і аскорбінової кислоти [1], дозволяє оцінити якість продукції. У той же час гнилу картоплю розкласти на ці корисні складові не вдається.

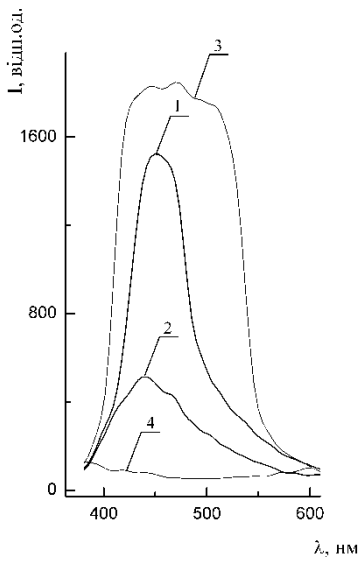


Рис. 1. Спектри ФЛ молодої (1), старої (2), гнилої (3) і дуже гнилої картоплі (4).

Можливе підтвердження високої якості нанокристалічного порошку (НК), що отриманий спіканням порошків, якщо розкладення його спектру ФЛ на ті ж складові, що і спектра об'ємного кристала, успішне. Інтенсивність випромінювання ФЛ в кожній точці спектру визначається енергією (довжиною хвилі) збудження і внутрішнім кристалічним полем, властивості якого визначаються атомами хімічних елементів решітки і легуючих домішок. Відмінність спектрів монокристалів полягає у різному внеску окремих індивідуальних смуг. Візьмемо, як приклад, НК ZnS:Mn, отримані спіканням порошків цинку і сірки у присутності солі $MnCl_2$ або $Mn(NO_3)_2$, досліджені у [2]. Перед розкладенням спектрів їх ФЛ доцільно розглянути розкладення на складові з 5 індивідуальних смуг спектру ФЛ об'ємного монокристала ZnS:Mn, наведене на рис. 2а, а саме [3]:

на смугу з λ_{max} = 557 нм, яка випромінюється марганцевими центрами (МЦ), що знаходяться у вузлах тетраедрів кубічної решітки;

на смугу з λ_{max} = 578 нм, яка випромінюється МЦ, що знаходяться поблизу дислокацій або дефектів структури.

Термообробка кристалів в інертному середовищі зменшує дефекти пакування і частку гексагональної фази;

на смугу з λ_{max} = 600 нм, яка випромінюється МЦ, що знаходяться в октаедричних міжвузлях;

на смугу з λ_{max} = 616 нм, яка випромінюється МЦ, оточеними атомами кисню;

на смугу з λ_{max} = 637 нм, що випромінюється МЦ, в яких Mn^{2+} знаходиться у фазі α-MnS.

На рис. 2б розглянуте розкладення на ті ж складові спектру ФЛ НК ZnS:Mn, отриманого спіканням у присутності солі $MnCl_2$, яке не дуже відрізняється від розкладення спектру ФЛ об'ємного монокристала ZnS:Mn, що вказує на високу якість нанокристалів. У розкладанні, що наведене на рис. 2в, присутні короткохвильові смуги великої інтенсивності, що можуть вказувати на порушення далекого порядку кристалічного поля.

Таким чином, якість отримання цих НК перевіряється відсутністю короткохвильових смуг великої інтенсивності.

Підсумовуючи вищесказане можна зробити висновок, що для визначення якості продукції треба накопичити інформацію про ФЛ складових високоякісної продукції

різними методами її дослідження. Так, показники спектрів тканин здорових організмів допоможуть виявити патологію при постановці діагнозу.

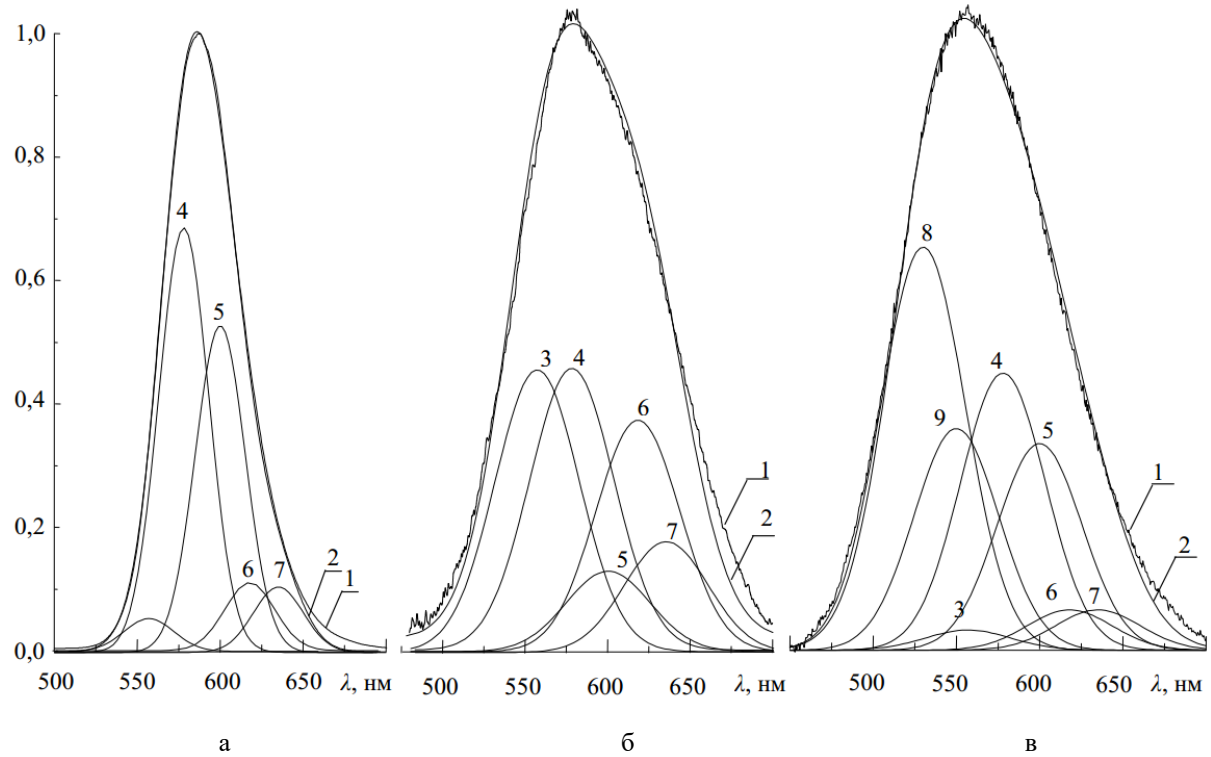


Рис. 2. Розкладення спектрів ФЛ ZnS:Mn об'ємного кристала (а) і НК, що леговані $MnCl_2$ (б) і $Mn(NO_3)_2$ (в) з [2], як приклад високої якості (а, б) і низької (в): 1 – експериментальний спектр, 2 – сума індивідуальних смуг ФЛ з λ_{max} = 557 (3), 578 (4), 600 (5), 616 (6), 637 (7), 530 (8), 550 (9) нм відповідно. Для зручності порівняння всі спектри нормовано. T = 300 K

[1] Коваленко О. В., Морозов О. С. Розкладення спектрів фотолюмінесценції біологічних об’єктів на складові, форма яких істотно відрізняється від елементарних гаусіанів. Фізика і хімія твердого тіла, т. 12, № 1, 2011, с. 46 – 52.
[2] М. Ф. Буланый, А. В. Коваленко, А. С. Морозов, О. В. Хмеленко. Получение нанокристаллов ZnS методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Журнал нано- та електронної фізики, Том 9, №2, 2017, с. 02007-1 – 02007-4.
[3] М. Ф. Буланий, С. О. Омельченко, О. В. Коваленко, О. С. Морозов. Марганцеві центри випромінювання в монокристалах сульфіду цинку. Фізика і хімія твердого тіла, т. 12, № 3, 2011, с. 573 – 578.

DECOMPOSITION OF PHOTOLUMINESCENCE SPECTRUM OF THE SAMPLE FOR QUALITY DETERMINATION

O. Morozov
Oles Honchar Dnipro National University
morozov@ffeks.dnu.edu.ua

Two examples of organic and crystalline products with photoluminescent properties of their constituents are considered. It is shown that for low-quality products, decomposition is impossible in terms of components of high-quality products.

ЕФЕКТ ВКОРОЧЕННЯ ДОВЖИНИ ФРАКТАЛЬНОГО КАНАЛУ ПОЛЬОВОГО ТРАНЗИСТОРА

А. Засовенко, В. Онуфрієнко, А. Фасоляк
Національний університет «Запорізька політехніка», машинобудівний інститут
onufr@zntu.edu.ua

Протягом тривалого часу основною тенденцією розвитку техніки метало-діелектричних напівпровідникових транзисторів було і залишається зменшення довжини каналу. Співвідношення, що визначають вольт-амперні характеристики (ВАХ), показують, що у всіх режимах роботи транзистора струм стоку не змінюється при пропорційній зміні довжини та ширини каналу. Ширина каналу визначає масштаб ВАХ по струму, не змінюючи частотних властивостей транзистора. Зменшення довжини каналу сприяє підвищенню питомої крутизни ВАХ характеристик та граничної частоти. Зазначені закономірності були справедливими до того часу, поки топологічні розміри транзисторів залишалися досить великими. Коли поздовжні розміри напівпровідних структур досягли значень 1-2 мкм, ці закономірності перестали виконуватись. Крім того, виявилося, що при зменшенні топологічних розмірів (особливо довжини каналу) змінюється і форма ВАХ [1].

Незважаючи на простоту конструкції і фізику роботи, досить точні математичні моделі польового транзистора дуже складні. Головна причина полягає в тому, що транзистор є неодновимірним приладом (керуюче поле затвора і поле стоку спрямовані взаємно перпендикулярно). У простих відомих моделях задачі зводилися до квазіодномірної – взаємодія поздовжнього та поперечного полів не враховувалася. Цей підхід по можливості зберігається і при аналітичному описі тонших ефектів.

Побудову фрактальної моделі імітації наношару окислу на межі метал-напівпровідник у просторі як функції множини здійснимо вводом у розгляд диферінтегральної альфа-форми множин фізичних зарядів (елементів струму) в метаматеріальному середовищі [2].

Теорія фрактального шару (див., наприклад, [2]) на межі розділу двох середовищ базується на визначенні дробового диференціала $d^{\alpha}x = \frac{1}{\Gamma(\alpha)}\frac{dx}{(t-x)^{1-\alpha}}$, його зв‘язку з дробовою похідною $d^{\alpha}L(x) = {}_{a}D^{\alpha}_{x_i}L(x)d^{\alpha}x$. де дробова похідна ${}_{a}D^{\alpha}_{x_i}L(x)$ використовується у формі Рімана-Ліувілля.

Згідно з диферінтегральним законом Ома, що виконується в умовах прямокутного фрактального елемента з поздовжньою координатою y, струм у каналі пов‘язаний з розподілом потенціала рівнянням

$$I^{(\alpha)} = -\sigma_0 \frac{\Gamma(1+\alpha)}{l^{\alpha}} abU^{(\alpha)}. \quad (1)$$

Коли напруга стік-витік V_{DS} перевищує напругу перекриття V'_{DS}, приповерхневу область напівпровідника можна подати у вигляді звортнозміщеного $n^{+}-p$-переходу, до якого прикладено напругу $V_{DS}-V'_{DS}$ [3]. Довжина області перекриття l_S та співвідношення між товщиною області просторового заряду l та ефективною довжиною каналу l_e:

$$l_s^{\alpha} = l^{\alpha} - l_e^{\alpha} \approx \sqrt{k_s(V'_{DS} - V_{DS})}, \quad k_s = 2\varepsilon_s / qN. \quad (2)$$

Отже, зростання V_{DS} супроводжується зміною (зменшенням - у класичному випадку) ефективної довжини каналу l_e^{α} та струму стоку $I_D \approx l_e^{-\alpha}$ у вигляді скейлінгової гіперболічної залежності (1) (збільшенням – у класичному випадку, коли $\alpha = 1$) .

З урахованням (2) та узагальненого принципу подібності для фрактально конфігурованих структур зв‘язок струму стоку I_D зі струмом I'_D, що є відповідним напрузі перекриття V'_{DS}, отримуємо співвідношення

$$\frac{I_D}{I'_D} = \left(\frac{l}{l_e}\right)^{\alpha} = I'_D\left(\frac{l}{l - \sqrt{k_s(V'_{DS} - V_{DS})}}\right)^{\alpha}. \quad (3)$$

Теоретично підтверджуємо сильний вплив скейлінгу каналу, при цьому порушується наближений лінійний зв‘язок між вихідною провідністю і струмом стоку, що спостерігається і експериментально підтверджується для класичних польових транзисторів [3].

Наведені теоретичні результати дослідження пропонуються для впровадження розглянутої структури транзистора з фрактальною конфігурацією каналу у складі напівпровідникових інтегральних мікро- і наносхем пристроїв дробового інтегродиференціювання в адаптивних системах, програмованих аналогових інтегральних схемах, фільтрах, розв‘язувачах диференціальних рівнянь дробового порядку тощо.

[1] Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники. М.: Высшее образование: Юрайт. (2009). 463 с.
[2] Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufrienko L.M. Modeling Characteristics of Field-Effect Fractal Nanotransistor. Proceedings 15-th International Conf. on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering, Lviv-Slavske, Ukraine, 25-29 February 2020. Lviv. P.586-589. DOI: 10.1109/TCSET 49122.2020.235500.
[3] Cobbold R. Theory and Application of Field-effect Transistors. Wiley-Intersc. (1970).

THE LENGTH SHORTENING EFFECT OF FRACTAL FIELD TRANSISTOR CHANNEL

A. Zasovenko, V. Onufrienko, A. Fasoliak
Dep. of Engineering, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»
onufr@zntu.edu.ua

The paper considers the shortening effect in the conductive fractally configured semiconductor channel and the possibility of current control in radio electronics devices operating on the changing basis channel conductivity between source and drain. Theoretical results of the research are offered for introduction of the considered transistor structure with fractal channel configuration as a part of semiconductor integrated micro- and nanoschemes of devices of fractional integrodifferentiation in adaptive systems, programmable analog integrated circuits, filters, differential orders solvers.

ДІЕЛЕКТРИЧНА РЕЛАКСАЦІЯ В КРИСТАЛАХ $LiNaGe_4O_9$

Д. Волинець, М. Трубіцин, М. Волнянський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dmitryvol766@gmail.com

Наявність структурних дефектів суттєво впливає на електричні властивості кристалів складних оксидів. Рухомі заряджені дефекти дають внесок до електричної провідності, дипольні дефекти приводять до появи релаксаційних аномалій на температурно-частотних залежностях діелектричної проникності. Кристали літій-натрієвого тетрагерманату $LiNaGe_4O_9$ привертають увагу дослідників завдяки наявності сегнетоелектричного фазового переходу й аномально високою іонною провідністю [1]. Роботу присвячено дослідженню температурних залежностей діелектричної проникності ε(T) монокристалів $LiNaGe_4O_9$. Виміри проводилися у змінному електричному полі (20Гц-1МГц) вздовж напрямку [001] за допомогою прецизійного вимірювача LCR Agilent E4980A. Отримані результати (рис.1) вказують на наявність двох піків, амплітуда яких зменшується з підвищенням частоти. Це дозволяє віднести спостережувані аномалії до процесів теплової дипольної поляризації. Для з'ясування природи означених аномалій .проводиться вивчення електричних властивостей кристалів $LiNaGe_4O_9$, які піддавалися відпалу на повітрі, в інертному газі та у вакуумі.

Рис. 1. Залежності ε(T) монокристалів $LiNaGe_4O_9$ вздовж напрямку [001]

[1] M. D. Volnianskii , M. P. Trubitsyn & O. A. Bibikova (2013): Electric Properties of $LiNaGe_4O_9$ Single Crystal, Ferroelectrics, 443:1, 16-19

DIELECTRIC RELAXATION IN LINAGE4O9 CRYSTALS

D. Volynets, M. Trubitsyn, M. Volnianskii
Oles Honchar Dnipro National University
dmitryvol766@gmail.com

Dielectric permittivity of $LiNaGe_4O_9$ single crystal is measured in AC field (20Hz-1MHz) in the temperature interval 300-950 K. The relaxation anomalies of ε have been detected. The nature of the slow ε relaxation is discussed.

МОДЕЛЮВАННЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ СВІТЛА МЕЖЕЮ ДІЕЛЕКТРИКА З ФРАКТАЛЬНИМ МЕТАМАТЕРІАЛОМ

В. Онуфрієнко, Т. Слюсарова, Л. Онуфрієнко
Національний університет «Запорізька політехніка», машинобудівний інститут
onufr@zntu.edu.ua

За певних умов зовнішня електромагнітна хвиля, що розповсюджується в системі слабо поглинаючих розсіювачів, в результаті багаторазового перерозсіювання здатна "зациклитися" в обмеженій області простору. Причина цього явища – специфічні інтерференційні ефекти, що мають місце навіть у абсолютно розупорядкованій системі частинок. Технологічні додатки ефекту локалізації світла – це принципово нові акумулятори енергії, лінії затримки світла, це можливість запису, зберігання та зчитування інформації. Продовжуються пошуки нових теоретичних підходів до опису електродинамічних властивостей фрактального кластера, що складається з непоглинаючих твердих метаматеріальних частинок, коли вводиться ефективна діелектрична проникність кластера є критичною функцією фрактальної розмірності кластера [1].

Для дослідження ефекту впливу фрактально конфігурованої границі на приріст фази, бічне та зворотнє зміщення хвиль високочастотного (терагерцевого та оптичного) променя, що набуває повного внутрішнього відбиття, та можливості його локалізації при поширенні з фрактально конфігурованого середовища з більшою щільністю у середовище з меншою щільністю застосовуємо теорію фрактального перехідного шару [2] на межі розділу середовищ, утвореного зміною характеристичних параметрів атомної структури речовини, нанесенням на поверхню оптоволокна плівок різного призначення для управління параметрами структури, захисних покриттів тощо.

Розв‘язування поставленої задачі базується на введенні у розгляд диферінтеграла $d^{\alpha}x$ вздовж однієї з координат (OX у площині падіння електромагнітної хвилі) фрактальної межі розділу двох середовищ з показниками заломлення

$$n_1 = \sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}\,;\; n_2 = \sqrt{\varepsilon_2 \mu_2}\,;\; n_1 > n_2 \qquad (1)$$

(ε_i, μ_i – відповідно діелектрична та магнітна проникності середовищ) та ураховуємо його зв‘язок з дробовою похідною $d^{\alpha}L(x) = {}_aD_x^{\alpha}L(x)d^{\alpha}x$, де дробову похідну ${}_aD_x^{\alpha}L(x)$ застосуємо у формі Рімана-Ліувілля.

Для задачі про падіння плоскої електромагнітної хвилі $\{\vec{E}(\vec{r},t),\vec{H}(\vec{r},t)\} = \{\vec{E},\vec{H}\}e^{i(\vec{k}r-\omega t)}$ на границю розділу двох середовищ, одне з яких – фрактальне зі скейлінгом α, з рівнянь Максвелла для дуже високих частот (в терагерцевому та оптичному діапазонах) визначаємо коефіцієнт рефракції фрактального середовища $n_{fr} = \frac{n_1}{n_2}(ik)^{1-\alpha} = \frac{n_{1fr}}{n_2}$, де n_1, n_2 – показники заломлення середовищ ($n_1 > n_2$) без фракталізації, L – ейконал, $\vec{E}$ та $\vec{H}$ – вектори електричного і магнітного

полів, хвильовий вектор $\vec{k} = \frac{\omega}{c}\vec{m}$, $\vec{m} = n\vec{n}$ - вектор рефракції, $\vec{n}$ – одиничний вектор фазової нормалі.

Після визначення векторів рефракції хвиль падіння та проходження за умов повного внутрішнього відбиття поле у фрактальному середовищі стає неоднорідним з відповідним комплексним вектором рефракції, а середній потік енергії у другому середовищі нашої моделі [3] визначаємо як $\vec{S} = S_1 \frac{\vec{b}}{|b|} + S_2 \frac{\vec{a}}{|b|}$, де повздовжнє зміщення відбитого пучка у напрямку вектора $\vec{b}$ (зсув Гуса-Хенхен) визначається компонентою S_1, а ненульове значення компоненти S_2 описує бічний зсув Федорова-Ембера. В обчислених компонентах S_1 і S_2 комплексні коефіцієнти задають поляризацію хвилі падіння, а знаки в S_1 і S_2 визначають напрям бічного зсуву. Визначено значний вплив фрактальної межі на значеня зворотніх зсувів, їх максимуми та їх відсутність, а також числові величини скейлінгів, необхідних для утворення локалізованого поля. Для нефрактального середовища, коли скейлінговий показник $\alpha = 1$, результати моделі збігаються з класичними. Здатність до концентрації великої кількості фрактального матеріалу в малому об‘ємі є причиною виникнення й існування у фрактальному шарі дуже сильних локальних електромагнітних полів, що спонукає до погодження з думкою авторів з [1] про причину аномально високої каталітичної активності багатьох гетерогенних наносистем.

Розгляд моделі для планарного оптоволокна показує її застосовність до опису фрактально конфігурованої межі середовищ для підсилення ефектів у пристроях зворотнього напрямку поширення хвиль у так званих екзотичних “пастках світла”, а також для компенсації небажаних зсувів Гуса-Хенхен та Ембера-Федорова.

[1] Maksimenko V.V., Kupriyanov L.Yu., Agranovski I.E. SERS from Light Localization Position. J.Raman spectroscopy. V.44. 2013. P. 382-392.
[2] Онуфрієнко В.М. Потенціали фрактальних зарядів і струмів у штучному середовищі. Радіоелектроніка. Інформатика. Управління. №1(1). 2004. С. 18–21.
[3] Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufriyenko L.M. Planar fractally-shaped terahertz waveguide: on the Goos-Hanchen effect. Proceedings 14th Intern. Conf. on advanced TRTC Engineering. (Lviv, Ukraine, April 2018). P. 1237−1240.

SIMULATION OF LIGHT LOCALIZATION AT THE DIELECTRICS-FRACTAL METAMATERIAL BORDER

V. Onufrienko, T. Slyusarova, L. Onufrienko
Dep. of Engineering, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»
onufr@zntu.edu.ua

The effect of the fractally configured boundary on the phase increase, lateral and inverse displacement of high-frequency beam waves and the possibility of its localization under conditions of complete internal reflection is investigated. The solution of this problem is based on the introduction of the differintegral and on the determination of the fractal medium refractive index. The significant influence of the fractal boundary on the values of inverse shifts, their maxima and their absence, as well as the numerical values of the scaling required for the formation of a localized field are determined.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗГАСАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ В РЕЧОВИНАХ, МАЮЧИХ ДІЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

В. Овсяніков[1], М. Горобець[2], В. Бондаренко[1], О. Безносова[1]

[1] *Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
thalia@i.ua

[2] *Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна*
Nikolay.n. gorobets@karazin.ua

Велика кількість речовин, маючих діелектричні властивості, використовується в різноманітних галузях промисловості і народного господарства і визначення їх якості є вельми актуальною проблемою сучасних науки і технологій. В дослідження принципів радіотехнічної мікрохвильової діагностики речовин значний внесок зробили як вітчизняні вчені Бреховських Л.М., Брандт В. А. так і закордонні автори Борн М, Вольф Е, Надь Ш. Б., Харвей А.Ф. і інші. В роботі [2] і інших на основі рівнянь електродинаміки і теорії багатошарових діелектричних структур одержано вирази для коефіцієнтів відбиття і послаблення ЕМ хвилі при поширенні її в речовинах. Беручи до уваги дані цих робіт, вираз для комплексного коефіцієнта послаблення (t) з урахуванням значень комплексного коефіцієнта відбиття (r) ЕМ хвилі при її падінні на трьох шарову речовину товщиною *d* (рис. 1), яка спів мірна з довжиною ЕМ хвилі мають вигляд:

$$t = \frac{t_{12}t_{23}e^{i\beta}}{1 + r_{12}r_{23}e^{i\beta}}, \qquad (1)$$

Тоді вираз для згасання ЕМ енергії в трьох шарах речовин (рис. 1) має вигляд

$$T = \frac{p_2}{p_1}|t|^2 = \frac{n_2 \cos\theta_2 t_{12}^2 t_{23}^2}{n_1 \cos\theta_1 1 + r_{12}^2 r_{23}^2 + 2r_{12}r_{23}\cos 2\beta} \qquad (2)$$

де $n_K = \sqrt{\varepsilon_K' - i\varepsilon_K''}$ - показник заломлення речовини для трьох шарів к=1, 2, 3;

$\varepsilon_K = \varepsilon_K' - i\varepsilon_K''$ - діелектрична проникність (ДП) речовини; $p_K = \sqrt{\varepsilon_K \cos\theta_K}$; θ_K – кут падіння ЕМ хвилі на структуру (рис.1); $\beta = \frac{2\pi}{\lambda_0} n_2 d \cos\theta_2$.

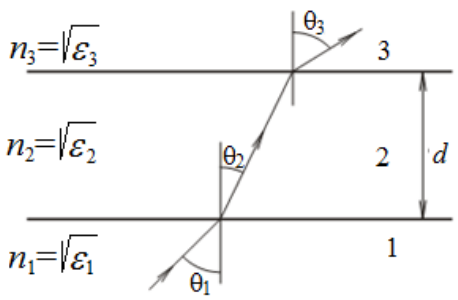


Рис. 1. Тришарова діелектрична структура у напів нескінченому просторі: повітря – 1, досліджувана на речовина – 2, повітря – 3.

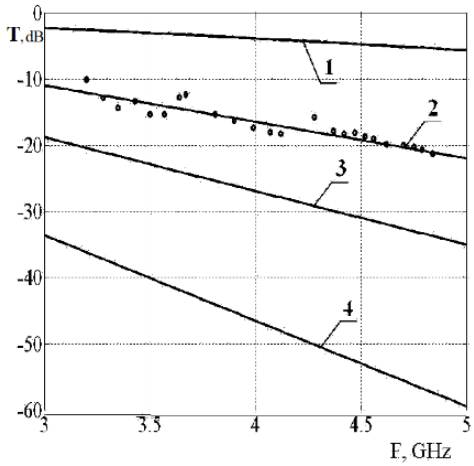


Рис. 2. Розрахункові та експериментальні частотні залежності коефіцієнта згасання ЕМ хвилі в речовинах: 1 –ε_1 = *4,5 – i0,08; 2 – – i0,11 (крапки –*

результати вимірювань для варианта 2); 3 – i0,14; 4 – i0,19.

Даний вираз (2) було використано для розрахунків послаблення ЕМ хвилі ***T*** (рис. 2) для 4-х варіантів зразків з однаковою дійсною частиною відносної діелектричної проникністю (ε_1 =4,5) і різними значеннями уявної частини в частотному діапазоні 3,2 – 4,7 ГГц для θ_1 =0 і товщині шару речовини 2 *d*=0,13м. Також експериментально досліджено послаблення ЕМ хвилі у звичайному будівельної цеглі ($tg\delta$ = 0,024, варіант 2 -показано крапками на рис. 2) з використанням автоматизованого вимірювача коефіцієнта стоячої хвилі за напругою та послаблення типу Р2. Результати досліджень наведено на рис. 2. Оцінюваючі результати вимірювань варіанту 2 (рис. 2), можна відзначити, що вони узгоджуються з розрахунками послаблення в діапазоні частот (крива 2), але це відбувається при контакті з досліджуваною речовиною джерела і приймача ЕМ енергії.

Однак, дослідження спрощеної моделі (рис. 1, рис. 2) дозволило відповісти на ряд питань, пов'язаних зі створенням структурних і математичних моделей для визначення якості речовини на конвеєрі. Це дозволило оцінити динамічний діапазон ослаблення ЕМ хвиль між будь якими антенами-датчиками в заданому діапазоні частот для різних речовин різної товщини, що важливо для вибору типів і конструкції антен-датчиків, відстані між ними і необхідного вимірювального мікрохвильового приладу.

Також важливо, що з результатів дослідження за спрощеною моделлю (рис. 1) випливає факт, що певні зміни уявної частини діелектричної проникності ε'' речовини, які залежать від втрат в ній ЕМ енергії [1-3], характеризують якість досліджуваної речовини. Така кореляція між якістю речовини, його ДП і ослабленням ЕМ хвилі в неї підтверджує можливість дистанційного контролю якісних показників речовин.

[1] Брандт А. А. Исследование диэлектриков на СВЧ. М.: Физматизд, 1964. –404с.
[2] Борн М., Вольф Э. Основы оптики. Перев. с англ. Под ред. Мотулевича Г. П. – Изд. «Наука». – ГРФМЛ.-М.: 1973 г.
[3] Ovsyanikov V.V. Measurements of the complex permittivity by the waveguide and resonant cavity methods // Proceedings of the International Confer. on Actual Problems of Measuring Technique. Kyiv. Ukraine7-10 Sept 1998. P.224, 225

DETERMINATION OF ATTENUATION OF ELECTROMAGNETIC WAVE IN SUBSTANCES WITH DIELECTRIC PROPERTIES

V. Ovsyanikov[1], M. Gorobets[2], V. Bondarenko[1], O. Beznosova[1]
[1] *Oles Honschar Dnipro National University.*
thalia@i.ua
[2] *V. N. Karazin Kharkiv National University*
Nikolay.n.gorobets@karazin.ua

The electromagnetic (EM) method of determining the quality indicators of substances by calculations and measurement of EM signal weakening when passing its everywhere studied substance in the microwave range is investigated. With the help of the method of multilayer structures, approximate calculations of weakening of the EM field in the UMF range for several substances were performed. These calculations and measurements allowed to further ignore the

optimal structural and mathematical model of the device for measuring the weakening of the EM field in the substance, for example, on the conveyor, to evaluate the total dynamic range of this device and select for it transmitting and receiving antennas-sensors and measuring microwave equipment. In the future, the presented method ensures the ability to automate the control of quality parameters of substances on-line, for example, on the enterprise conveyor and environmental cleanliness for service personnel. It can also be useful to assess the weakening of em fields in the channels of telecommunication information and communication in various obstacles to its spread, namely in buildings and structures, plants, also in mountainous areas and other.

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ КОРЕЛЯЦІЙ У НАДВИПРОМІНЮВАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ДІККЕ В ОДНОВИМІРНОМУ КРИСТАЛІ

С. Лягушин
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
lyagush.new@gmail.com

Дослідження процесу надвипромінювання на основі методу скороченого опису Боголюбова у формулюванні Пелетмінського–Яценка [1] дозволяє докладний опис генерованого електромагнітного поля як статистичного об’єкта. Макростан поля у фіксований момент часу задається сукупністю амплітуд електричного та магнітного полів і кореляційних функцій різних порядків. Зауважимо, що векторне поле – надзвичайно складний для опису об’єкт: кореляційні функції з необхідністю мають тензорну природу, а кількість польових змінних швидко зростає зі ступенем докладності. В наших роботах [1, 2] побудовано замкнуту систему рівнянь еволюції системи Дікке з урахуванням бінарних кореляцій, яка використовує наявність малого параметра в моделі – константи квазіспін-фононної взаємодії. Рівняння для параметрів скороченого опису мають другий порядок за взаємодією. Для послідовно квантової моделі Дікке плідним виявляється підхід, базований на ідеях електродинаміки суцільних середовищ. Матеріальні рівняння, побудовані за схемою скороченого опису, мають форму, що дуже прозоро тлумачиться як наявність просторової дисперсії [2].

Поведінка кореляційних функцій давно досліджена для зосередженої системи, але для протяжної системи просторовий розподіл кореляцій залишався невідомим. Взагалі кажучи, система рівнянь у [2] містить відповідь на це питання, але отримання її розв’язку надто складна проблема. Тому висунуто ідею розгляду одновимірної системи Дікке [3]. Обчислення показали доцільність працювати з тонкою видовженою системою випромінювачів із постійним перерізом S і довжиною L (вважаємо $S<<L^2$). Для неї можна використовувати матеріальні константи, які випливають із [2], але розглядати лише моди зі хвильовим вектором, паралельним осі кристала Oz. Також для спрощення можна припустити фіксовану орієнтацію дипольних моментів випромінювачів – відповідно, напруженість електричного поля $\vec{E}\|Ox$, так само поляризація $\vec{P}$, густина струму поляризації $\vec{I}\|Ox$, а індукція магнітного поля $\vec{B}\|Oy$. Всі характеристики поля залежать лише від z (чи z і z') і система рівнянь еволюції набуває осяжного вигляду. Для

початкового етапу процесу можна вважати енергію випромінювачів незмінною та розглядати їх лінійну густину $n(z)$ та лінійну густину їх енергії $\varepsilon(z)$ як фіксовані параметри. Позначаємо $E_x(z) \equiv E$, $B_y(z) \equiv B$, бінарні функції $(E_x(z), E_x(z')) \equiv (EE')$ тощо; взяття rot зводимо до обчислення похідної $\mathrm{rot}(B_y(z)\vec{e}_y) = -\frac{\partial B}{\partial z}\vec{e}_x$, $\left(B_y(z)\vec{e}_y, \left(\mathrm{rot}(B_y(z'))\vec{e}_x\right)\right) \to \left(B, -\frac{\partial B'}{\partial z'}\right) = -\frac{\partial(BB')}{\partial z'}$ тощо.

Наведемо систему рівнянь, яка буде основою для чисельного дослідження

$$\partial_t E = -c\frac{\partial B}{\partial z} - \frac{4\pi}{S} I(z), \qquad \partial_t B \equiv c\frac{\partial E}{\partial z},$$

$$\partial_t (EE') = -c\frac{\partial (E'B)}{\partial z} - c\frac{\partial (EB')}{\partial z'} - \frac{4\pi}{S}(IE') - \frac{4\pi}{S}(EI'), \tag{1}$$

$$\partial_t (BB') = -c\frac{\partial (EB')}{\partial z} + c\frac{\partial (BE')}{\partial z'}, \qquad \partial_t (EB') = -c\frac{\partial (BB')}{\partial z} + c\frac{\partial (EE')}{\partial z'} - \frac{4\pi}{S}(IB').$$

У ній усі середні обчислюються в 2-му порядку теорії збурень за взаємодії, це дозволяє використовувати в якості параметрів системи повне електричне поле й обмежитися матеріальними рівняннями для *I*. Поява *S* у знаменнику пов'язана з використанням лінійної густини струму. У [2] показано, що кореляційні функції з *I*, які фігурують у рівняннях, виражаються формулами (відразу адаптуємо для нашої системи)

$$(EI')^{(2)} = (EI'^{(2)}) + S_e(z - z', n(z')), \quad (BI')^{(2)} = (BI'^{(2)}) + T_e(z - z', n(z')). \tag{2}$$

Тому рівняння мають інтегродиференціальний характер, наприклад, останнє в системі:

$$\partial_t (EB') = -c\frac{\partial (BB')}{\partial z} + c\frac{\partial (EE')}{\partial z'} -$$

$$-\frac{4\pi}{S}\int dz''\left[\sigma(z - z'', \varepsilon)\left(E''B'\right) - c\xi(z - z'', \varepsilon))\frac{\partial (B''B')}{\partial z''}\right] - \frac{4\pi}{S}T_e(z - z', n(z)). \tag{3}$$

Інтеграли беруться за довжиною зразка. $\varepsilon = \varepsilon(z)$ Необхідні для просторового моделювання процесу провідність σ і магнітна сприйнятливість ξ у залежності від різниці координат знайдені на розвиток дослідження [3]. Також відомі вирази для рівноважних кореляцій $S_e(z - z', n(z'))$ і $T_e(z - z', n(z'))$. Подальший аналіз вимагає задання крайових умов. На початку процесу вважаємо кореляції відсутніми, а поле – хвилею з довжиною, що відповідає робочій частоті, з нулями на кінцях. Нульові значення параметрів скороченого опису на кінцях варто зберегти, зважаючи на використання у виведенні співвідношень для необмеженого середовища.

[1] Lyagushyn S.F., Sokolovsky A.I. Kinetics of system of emitters and nonequilibrium electromagnetic field. Physics of Particles and Nuclei. Vol. 41, Issue 7. (2010). P. 1035–1038.
[2] Lyagushyn S.F., Sokolovsky A.I., Sokolovsky S.A. Kinetics of electromagnetic field in nonequilibrium medium. Journal of Physics and Electronics. Vol. 27(2) (2019). P. 17–28.
[3] Lyagushyn S. Correlation Picture in Dicke Superradiance. II International Advanced Study Conference "Condensed Matter and Low Temperature Physics 2021" (CM & LTP 2021). Conference Program and Book of Abstracts. (6-12 June 2021, Kharkiv). Kharkiv: FOP Brovin O.V. (2021). – P. 86.

SIMULATION OF CORRELATION DEVELOPMENT IN DICKE SUPERRADIANCE PROCESS IN ONE-DIMENSIONAL CRYSTAL

S. Lyagushyn
Oles Honchar Dnipro National University
lyagush.new@gmail.com

The reduced description method allows constructing the theory of field correlation development in the Dicke model. The resulting set of equations proves to be very complicated for solving, but modern numerical techniques open the way to the spatial picture of binary correlations. Nevertheless, some simplifications are necessary for this cumbersome problem: a special shape of the generating system, the fixed orientation of the dipole moments and the wave vectors. For this case, the set of integrodifferential evolution equations is obtained and material coefficients are calculated. Initial and boundary conditions are discussed.

ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТРИЧНИХ НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ СИНТЕТИЧНИХ ОПАЛІВ

О. Огієнко, В. Моісеєнко, М. Дергачов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kombi21251@outlook.com

Робота присвячена дослідженню впливу кристалічного оточення та фотонно-кристалічних ефектів на спектри люмінесценції люмінесцентних центрів в порах нанокомпозитів на основі синтетичних опалів. Пори синтетичних опалів заповнювалися водним розчином солі європій (III) ацетату ($C_6H_9EuO_6 \times H_2O$) та розчинами оксидів рідкоземельних елементів (Eu_2O_3, Dy_2O_3) у царській горілці. Збудження люмінесценції здійснювалося у геометрії «на відбиття» від площини (111) зразка нанокомпозиту випромінюванням напівпровідникового лазера з λ_{ex} = 405 нм. Отримані спектри люмінесценції продемонстрували високоінтенсивні радіаційні переходи для іонів європію: $^5D_0 \rightarrow {}^7F_0$, $^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$, $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ та менш інтенсивні переходи для іонів диспрозію: $^4D_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$, $^4D_{9/2} \rightarrow {}^6H_{11/2}$. Спектральний розподіл інтенсивності в спектрах люмінесценції вихідних сполук та люмінесцентних центрів в порах опалу суттєво відрізнявся: в спектрах сполук в порах опалу спостерігалась континуалізація окремих полос в спектрах і збільшення їх інтегральної інтенсивності у випадку попадання полоси на край стоп-зони опалу. При нагріванні зразків відбувалася дегідратація європій (III) ацетату та подальший розклад до оксиду європію при T=1273K. Однак, спектр люмінесценції Eu_2O_3 виміряний при розкладі європій (III) ацетату у порах опалової матриці суттєво відрізнявся від спектру оксиду європію, синтезованого із солі на підкладці. Для дослідження впливу нанокристалічного оточення на спектри люмінесценції рідкоземельних іонів в пори опалу додатково вводилися діелектрики

розплавним методом. Були виготовлені нанокомпозити опал-$Bi_{12}SiO_{20}$, опал-Bi_2TeO_5, опал-$NaBi(MoO_4)_2$ та опал-TeO_2 та виміряні спектри їх власної люмінесценції. Встановлено значне посилення інтегральної інтенсивності люмінесценції в іонів Eu^{3+} у порах нанокомпозиту опал-$Bi_{12}SiO_{20}$, що обумовлено співактивацією люмінесценції за рахунок іонів Bi^{3+}.

LUMINESCENT PROPERTIES OF MATRIX NANOCOMPOSITES BASED ON SYNTHETIC OPALS

O. Ohiienko, V. Moiseenko, M. Dergachev
Oles Honchar Dnipro National University
kombi21251@outlook.com

The work is devoted to the study of the influence of the crystal environment and photonic-crystal effects on the luminescence spectra of luminescent centers in the pores of nanocomposites based on synthetic opals. It was found that the spectral intensity distribution in the luminescence spectra of the starting compounds and luminescent centers in the opal pores differed significantly: in the spectra of compounds in the opal pores there was continualization of individual bands in the spectra and an increase in their integral intensity. To study the effect of the nanocrystalline environment on the luminescence spectra of rare earth ions in the opal pores, dielectrics by the melt method were additionally introduced. Opal-$Bi_{12}SiO_{20}$, opal-Bi_2TeO_5, opal-$NaBi(MoO_4)_2$ and opal-TeO_2 nanocomposites were made and their own luminescence spectra were measured. A significant increase in the integral luminescence intensity of Eu^{3+} ions in the pores of the opal-$Bi_{12}SiO_{20}$ nanocomposite was found, which is due to the co-activation of luminescence due to Bi^{3+} ions.

МОДЕЛЮВАННЯ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ У КРИСТАЛАХ 2-(2'-ГІДРОКСИФЕНІЛ)БЕНЗОТІАЗОЛУ

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

2-(2'-гідроксифеніл)бензотіазол (HBT) (рис. 1) – це органічна сполука, яка демонструє реакцію внутрішньомолекулярного фотоперенесення протона. HBT досліджують протягом вже близько 50 років як модельну сполуку для вивчення цієї фотохімічної реакції. HBT розглядають також як перспективну речовину для застосування в оптоелектроніці, зокрема для створення активних середовищ для лазерної генерації. В основному енергетичному стані найбільш стабільною структурою є енольна з внутрішньомолекулярним водневим зв’язком OH…N. Інші можливі конформації молекули, утворені обертанням бензотіазольного і фенольного фрагментів, а також зв’язку OH, демонструють більшу енергію, достатню для дуже низької рівноважної концентрації навіть при кімнатній температурі. У збудженому стані кето-структура з водневим зв’язком O…HN є найбільш стабільною і в ізольованій молекулі відбувається

внутрішнє обертання. Внутрішнє обертання в кето-структурі вважається основним шляхом безвипромінювального переходу до основного стану, що знижує квантовий вихід люмінесценції. В експериментах на мікрокристалах НВТ як лазерному середовищі з оптичною накачкою посилене випромінювання спостерігається на двох довжинах хвиль, що було інтерпретовано як присутність плоских та частково скручених кето-структур [1].

НВТ утворює молекулярний кристал, в якому міжмолекулярна взаємодія є набагато слабшою ніж внутрішньомолекулярна [2]. Найбільш поширеними точковими дефектами в молекулярних кристалах є вакансії та неправильна орієнтація молекул чи їхніх фрагментів. Якщо кристалічна упаковка є такою, що енергія молекул, які є орієнтованими в кристалічній решітці різним чином або мають фрагменти, орієнтовані різним чином, відрізняється мало, то можливо виникнення статичного або навіть динамічного розупорядкування кристалічної структури[3].

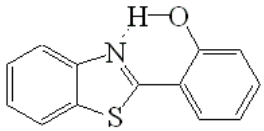


Рис. 1. Енольна форма молекули 2-(2'-гідроксифеніл)бензотіазолу із внутрішньомолекулярним водневим зв'язком.

Енергія різних структур була розрахована для ізольованих молекул, кластерів та періодичних структур НВТ методами теорії функціоналу густини в наближенні сильного зв'язку з емпіричною корекцією взаємодії Ван дер Ваальса. Показано, що найбільш стійкою конформацією ізольованої молекули є плоска структура з водневим зв'язком OH…N. Інші конформації мають значно більшу енергію в порівнянні з середньої тепловою енергією при кімнатної температури, що означає низьку рівноважну кількість цих структур у неполярних розчинниках. У кристалі дефект з найменшою енергією, обумовлений орієнтацією молекули або її фрагмента – це конформація без водневого зв'язку, утворена обертанням зв'язку OH. Енергія цього дефекту близька до різниці енергій для відповідних конформацій ізольованої молекули. Для інших конформацій значення енергії дефектів більші, ніж різниці енергій для ізольованих молекул. На відміну від кристала 2-(2'-гідроксифеніл)бензоксазолу, енергія дефекту, зумовлена переорієнтацією усієї молекули, є порівняною з енергією дефектів, викликаних різними конформаціями.

Для моделювання вакансій у молекулярному кристалі НВТ розрахунки були проведені для періодичних модельних структур, що відповідають розташуванню молекул у кристалічній решітці. Розрахунки показують, що відсутність молекули призводить до відхилень двогранних кутів між бензотіазольним та фенольним фрагментами в молекулах поблизу вакансії від значень двогранних кутів у молекулах у решітці, віддалених від вакансії. Виявлено, що вакансія забезпечує достатньо місця для неплоских конформацій молекули в основному стані.

[1] Zhang W., Yan Y., Gu J., Yao J., Zhao Y.S. Low-Threshold Wavelength-Switchable Organic Nanowire Lasers Based on Excited-State Intramolecular Proton Transfer. Angew. Chem. Int. Ed. Vol. 54. (2015). P. 7125–7129.

[2] Jia A.-Q., Jin G.-X. Syntheses, characterization, and ethylene polymerization of titanium and zirconium complexes with [N, O] ligands. Dalton Trans. (2009). P. 8838–8845. CCDC 727487: Experimental Crystal Structure Determination. (2010). DOI: 10.5517/ccsf0bj.

[3] Zhizhin G.N., Mukhtarov E. Optical Spectra and Lattice Dynamics of Molecular Crystals. Amsterdam, the Netherlands: Elsevier. (1995). 446 p.

MODELING OF POINT DEFECTS IN CRYSTALS OF 2-(2'-HYDROXIPHENYL)BENZOTHIAZOLE

Y. Syetov
Oles Honchar Dnipro National University
setov2003@yahoo.com

Energy of different structures was calculated for isolated molecules, clusters, and periodic structures of 2-(2'-hydroxyphenyl)benzothiazole by the density functional-based tight-binding methods with empirical correction of the Van der Waals interaction.

In a crystal, the defect with the lowest energy caused by the orientation of the molecule or its fragment is a conformation without hydrogen bonding, formed by rotation of the OH bond. The energy of this defect is close to the energy difference for the corresponding conformations of the isolated molecule. For other conformations, the energy values of the defects are greater than the energy differences for the isolated molecules. The absence of a molecule leads to deviations of the dihedral angles between benzothiazole and phenolic fragments in the molecules near the vacancy from the values of the dihedral angles in the molecules that are distant from the vacancy. It was found that the vacancy provides enough space for non-planar conformations of the molecule in the ground state.

THE HARTMAN EFFECT FOR NON-RELATIVISTIC CHARGED PARTICLES IN A MAGNETIC FIELD

V. Yarlik, V. Skalozub
Oles Honchar Dnipro National University
paraparacels@gmail.com, skalozubvv@gmail.com

Issues related to the propagation of particle wave packets through potential barriers are a relevant task of mesoscopic physics, particularly to describe the passage of various signals. An important aspect is the determination of delay times for wave packets of different shapes.

To date, there are practically no studies in the literature on the tunneling of wave packets through barriers with electromagnetic field.

We describe a motion of Gaussian wave packet constructed from solutions in Landau gauge through a rectangular barrier. In particular, we have investigated a time delay for the rectangular barrier in an external magnetic field. The tunneling at zero field has been investigated in [1].

[1] Ivanov N.A. Time delay of wave packets during their tunneling through a quantum diode/ N.A. Ivanov, V.V, Skalozub, Quantum Electronics, 2014, vol. 44(4), p. 387-391.

ADDITIONAL MECHANISM FOR ELECTRON-POSITRON PAIRS GENERATION IN A DENSE MEDIUM WITH A MAGNETIC FIELD AND NON-ZERO TEMPERATURE

E. Reznikov
Oles Honchar Dnipro National University
reznikovev1988@gmail.com

Observation of heavy-ion collisions exposed the insufficiency of the known mechanisms for the generation of the background, electron-positron pairs in particular. The luminosity of the plasma, measured in experiments, exceeds the theoretically calculated one. [1]

In a dense media violation of the Furry theorem occurs. Therefore, in the nuclear plasma, new type phenomena have to have arisen. One of the prominent ones is the emergence of the induced charge and the generation of the corresponding classical potential [2,3]. Also, the polarization tensor in dense media has corrections to its form, which results, in particular, that the process of the splitting of the single plasmon on electron-positron pair becomes permitted. Furthermore, this effect completely changes the specter of the emitted particles. These are some of the distinguishable signals of plasma formation. Moreover, the splitting of the plasmons, produced by initial and induced charge, is one of the new mechanisms of the additional plasma luminosity.

In the present talk these effects are described in details.

[1] Observation of direct-photon collective flow in sqrt(s_NN)=200 GeV Au+Au collisions A. Adareet al. [PHENIX Collaboration], Phys. Rev.Lett.109, 122302 (2012) [arXiv:1105.4126 [nucl-ex]].
[2] E. Reznikov, V.V. Skalozub, Induced Charge in Dense Magnetized Fermionic Medium at Finite Temperature Nonlinear Phenomena in Complex Systems, Vol.22, № 3, (2019), pp. 305-309.
[3] E. Reznikov, V.V. Skalozub Induced Charge and Electric Field in Dense Magnetized Fermionic Medium at Finite Temperature, Journal of Physics and Electronics, Vol.27, № 2, (2019), pp. 9-16.

Наукове видання

Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2021)

Тези доповідей
на VI Всеукраїнській науково-практичній конференції:
24-26 листопада 2021 р., м. Дніпро

Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В.

Українською, англійською мовами

Матеріали рекомендовані до друку 18 листопада 2021 року: протокол № 5 від 18.11.2021 р. засідання Вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Підписано до друку 18.11.2021 р.
Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Форма 60х90 1/8. Папір ксероксний. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. арк. 21,12.
Наклад 300 прим. Замовлення № 84-21

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.