MEICS-2020

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара

V Всеукраїнська науково-практична конференція

Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем

25–27 листопада

Дніпро
2020

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський національний університет
імені Олеся Гончара

Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем

Тези доповідей

на V Всеукраїнській
науково-практичній конференції
MEICS-2020

м. Дніпро
25-27 листопада 2020 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-2020). Тези доповідей на V Всеукраїнській науково-практичній конференції: 25-27 листопада 2020 р., м. Дніпро / Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В. – Дніпро, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2020. – 218 с.

ISBN 978-617-639-272-9

В збірник включені тези доповідей на V Всеукраїнській науково-практичній конференції, яка відбулася в Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара, 25-27 листопада 2020 р.

ISBN 978-617-639-272-9

© Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2020.

Секція І. ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

Т. Ващенко, С. Вовк. **Прогнозування захворюваності на COVID-19 в Україні на основі нейронних мереж** 8

O. Lytvynov, M. Lytvynov. **On user interface design of Unified Clinico-Statistical Classification of Disease** 10

О. Тузенко, О. Балалаєва, С. Тілінін, К. Кулішова. **Розробка та дослідження гнучкої CMS загального призначення** 12

М. Корабельников, Д. Чернетченко. **Використання нейронних мереж у телемедицині** 14

Н. Крапивіна. **Аналіз діяльності організації, що надає послуги у вигляді квест-кімнат** 16

С. Вовк. **Налаштування процесу обробки даних на поточне шумове оточення** 18

І. Повхан. **Метод дерева алгоритмів для задачі класифікації геологічних даних** 20

П. Корнюшенко, В. Долгов. **Розробка мобільного додатку під ОС Android для визначення карти відстаней до об'єктів зображення** 22

Д. Тесленко, Т. Прокоф'єв. **Фізично коректний рендеринг та шейдинг** 24

К. Солодовнікова, Ю. Гунченко. **Програма для обліку руху товарів в організації з різнофункціональними філіалами** 26

А. Алєксєєнко, О. Тищенко, Н. Соколова. **Вивчення астрономії за допомогою IT технологій** 28

П. Фастиковський. **Виявлення людини і транспортних засобів, що рухаються, за допомогою часових параметрів сейсмосигналів** 30

Б. Молодець, Т. Булана. **Вирішення завдання байєсовської класифікції за допомогою ймовірнісної нейронної мережі** 32

С. Лобода. **Дослідження методів експертних систем Forecasting method та Learning method** 33

Н. Матвєєва, А. Павелко. **Використання нейронних мереж для встановлення діагнозу** 34

Ю. Сачук, С. Яцюк, Ю. Мельничук, М. Головін**. SIEM-системи: моніторинг та управління безпекою** 35

О. Шундрина, С. Вовк. **Рекомендаційна система щодо вибору рекреаційних зон** 36

К. Новікова, П. Жернова. **Дослідження методів побудови рекомендацій** 38

В. Долгов, С. Попова. **Про хмарні обчислення в освіті** 40

A. Shcherbyna, N. Sokolova. **Delivery information system based on JavaScript-framework React** 42

Д. Шовгеля, Н. Соколова. **Динамічна симуляція найкращого покриття бездротової мережі в Autodesk® Revit®** 44

В. Шипков, М. Розум. **Розробка високонавантаженої кат-сцени для дослідження ігрового ПЗ** 46

О. Жуков. **Використання нейромережевих моделей та хмарного сервісу Azure для ідентифікації елементів складних біологічних систем** 48

В. Якубов, О. Дерев'янко. **Порівняльний аналіз методів розробки безпечних менеджерів паролей** 50

О. Дмитрієв. **Розробка системи зберігання та аналізу якості виконання завдань виробничим персоналом (на прикладі гірничодобувного підприємства)** 52

Н. Шубіна. **Використання асоціативних правил для аналізу кошика покупок магазину квітів** 53

О. Білодід, Ю. Гунченко. **Огляд бібліотеки Keras для роботи з мережами глибинного навчання** 55

В. Сергатий, О. Конопліцька-Слободенюк. **Інформаційні технології в навчанні** 57

М. Сіряченко. **Дослідження ансамблів дерев рішень Decision Forests та Decision Jungles** 58

О. Гуров. **Розробка метода веб майнінга для видобутку знань про поведінку покупців книжкового магазину** 60

Секція ІІ. КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ І КОМПОНЕНТИ

V. Khandetskyi, D. Sivtsov. **Fragmentation of frames in IEEE 802.11 infrastructure networks operating in an environment of increased interference** 62

O. Lytvynov, V. Stupaiev. **On approach to education management information system development** 63

М. Сичов, Р. Мельник, Є. Задорожній. **Прогнозування показників температури засобами домашньої метеостанції** 65

О. Івон, В. Істушкін, Ю. Рибка. **Програма для обробки цифрових зображень осцилограм при дослідженні варисторних матеріалів в області сильних струмів** 67

Л. Ахметшина, С. Мітрофанов, В. Моторя. **Поліпшення слабокотрастних зображень на основі методу нечіткої предобробки та частотного перетворення** 69

O. Lytvynov, O. Bilakovskyi, R. Savchenko, V. Lysenko. **On transactional business logic design** 71

О. Митько, О. Гниленко. **Інтелектуальна система термоконтролю для зерносховища** 73

М. Ілієв, І. Пономарьов. **Система автоматизації розробки комплексних проектів** 75

О. Морозов, А. Широкий. **Алгоритм визначення співвідношення компонентів у інтегральному спектрі** 77

О. Волковський, І. Яровий. **Дослідження методів конвертації відеоданих в системах відеоспостереження** 79

О. Івон, В. Істушкін, С. Савран. **Обробка цифрових зображень аналогових осцилограм при вимірюванні часових параметрів перехідних процесів** 81

Л. Ахметшина, О. Книш. **Поліпшення зображень в ортогональному базисі нечітких множин типу_2** 83

О. Гниленко, А. Авербах. **Проектування апаратної реалізації штучного нейрона для імпульсної нейронної мережі** 85

О. Прокопчук. **Підвищення якості мап диспаратності з монотонним фоном** 87

А. Татарников. **Використання технології комп'ютерного зору як методу контролю під час онлайн тестування** 89

І. Хаін. **Комп’ютерне моделювання поведінки п’єзоелектричного складного об’єкту в системі неруйнівного контролю** 91

Ю. Гунченко, Л. Мартинович, К. Тихонова, Д. Слуцький. **Концепція побудови пристроїв для трійкової логіки** 93

В. Лисенко, О. Литвинов, Н. Карпенко. **Особливості побудови клієнтського додатку з використанням шаблону MVC** 95

А. Лозовський. **Створення та дослідження програмної реалізації генетичного алгоритму в середовищі Unity** 97

Л. Дранишников, Є. Димов. **Нечітке і нейромережове моделювання в системах управління** 99

О. Волковський, І. Сокол. **Визначення аномальної поведінки операційних систем** 101

Д. Ступак, О. Єліна, Д. Чернетченко. **Мобільний додаток для отримання та візуалізації даних ЕКГ** 103

А. Богун. **Порівняння засобів створення пайплайнів Apache для розподіленої обробки даних** 104

А. Щербак, Н. Карпенко, В. Герасимов. **Порівняння протоколів авторизації OAUTH 2.0 та SAML** 106

А. Кравець, І. Пономарьов. **Технологія розробки веб-додатків на платформі ASP.NET Core MVC** 108

Секція III. РАДІОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ Й ЗАСОБИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

V. Onufrienko, L. Onufrienko. **Differintegral fractal elements model for current control in field-effect electronics device** 111

О. Гниленко, С. Плаксін. **Текстурований сонячний елемент з вертикальним p-n переходом** 113

І. Зіненко, В. П'янков. **Дифракція хвилі H_{10} на Е-площинному з'єднанні шести хвилеводів з круговим провідним циліндром** 115

С. Горб, Д. Салтиков. **Застосування зв'язаних біконічних резонаторів для контролю і вимірювання вологості повітря** 117

С. Бухаров, Ю. Пхенда. **Двочастотні антенні решітки для мереж на базі стандарту 802.11ac** 119

В. Онуфрієнко, Т. Слюсарова. **Фрактальний гістерезис в нефостерівських електронних елементах з метаматеріалом** 120

С. Беспалов, М. Андрєєв. **Використання решітчастих фільтрів та дробово-раціональної апроксимації для визначення параметрів шарів діелектричних структур** 122

С. Бухаров, С. Жаліло. **Друковані антени з розподіленою індуктивністю** 124

Д. Покандюк, О. Єліна, В. Сарана. **Універсалізація станка з ЧПУ** 125

В. Корчинський, А. Куліш. **Фільтрація низькочастотних завмирань сигналів у системах безпроводового зв'язку** 126

О. Благій, А. Зінченко, Т. Прокоф'єв. **Модульність і портабельність при проектуванні програмного забезпечення вбудованих навігаційних систем** 128

В. Морозов, В. Магро, Є. Трахтман. **Розрахунок рупорного випромінювача інтелектуальної антенної системи** 129

Секція IV. ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА. МІКРО- І НАНОТЕХНОЛОГІЇ

Ya. Lepikh, V. Borshchak, N. Sadova, N. Zatovskaya. **Glanumometric distribution of powder powders for thick film technology** 132

С. Курищук, Т. Ковалюк, М. Солован, П. Мар'янчук. **Оптичні властивості тонких плівок оксиду міді (CuO)** 133

О. Д'яченко, Р. Пшеничний, А. Опанасюк, Я. Ковач. **Тонкі шари оксиду міді для використання у фотоперетворювачах третього покоління** 135

І. Матяш, І. Мінайлова, О. Міщук, Б. Сердега, Р. Терлецький. **Теоретичне та експериментальне дослідження еластооптичнго ефекту, індукованого контактним нагрівом некристалічного матеріалу** 137

О. Коваленко, С. Вовк, Є. Плахтій. **Метод декомпозиції суми гаусових функцій, які входять до складу експериментального спектру фотолюмінесценції** 139

О. Іванченко, С. Мазурик, О. Ахмеров. **Електричні характеристики обмежувача напруги на основі структури типу багатошарові варистори - позистор** 141

В. Колбунов, О. Івон, О. Вашерук. **Кінетика струму в критичних терморезисторах на основі діоксіда ванадію** 143

Р. Балабай, М. Науменко. **Модифікація електронних властивостей тонких плівок β-Ga2O3 шляхом механічних впливів** 145

І. Козярський, Е. Майструк, Д. Козярський, Г. Андрущак, П. Мар'янчук. **Оптичні властивості плівок $CsPbBr_3$** 147

Т. Панченко, Л. Карпова. **Кінетика фотоіндукованого поглинання кристалів $Bi_{12}SiO_{20}$:Al** 149

Д. Залевський. **Роль вакансії кисню в механізмі перемикання у резистивній пам'яті на основі ZnO (розрахунки з перших принципів)** 151

Г. Пархоменко, М. Солован, П. Мар'янчук. **Вплив шару NaCl на електричні властивості діодів шотткі графіт/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$** 153

В. Макаров, О. Ляшков, Н. Собко. **Електричні властивості полімерних композитів на основі варисторної кераміки** 155

Е. Майструк, І. Орлецький, М. Ілащук, П. Мар'янчук. **Струми обмежені просторовим зарядом у гетероструктурах ZnO:Al/n-CdS/p-$Cd_{1-x}Zn_xTe$** 157

М. Швець, О. Гапонов. **Вплив домішки Cr_2O_3 на електричні параметри варисторів на основі SnO_2** 159

М. Сльотов, Л. Політанський, О. Сльотов, О. Кінзерська. **Отримання та властивості наноструктур на гетерошарах II-VI сполук** 161

В. Телухін, О. Ляшков. **Застосування Arduino Nano для створення сенсора моніторингу газового оточення з використанням датчиків на основі ZnO** 163

С. Чугуй, Є. Плахтій, О. Хмеленко. **Дослідження спектрів ЕПР нанокристалів твердих сполук типу ZnS_xSe_{1-x}** 165

Yu. Prikhozha, R. Balabai. **Li atoms intercalation in the crystals of 2H-$TaSe_2$ gated by a polymer electrolyte $LiClO_4$/PEO: first principles calculation** 167

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

П. Мар'янчук, М. Солован, Т. Ковалюк, А. Мостовий, М. Грицюк. **Виготовлення та дослідження діодів шотткі графіт/n-Si, отриманих шляхом перенесення нарисованих плівок графіту на Si** 169

M. Pop, M. Kranjčec, I. Studenyak. **Influence of annealing on optical properties of $(Ga_{0.3}In_{0.7})_2Se_3$ films** 171

М. Солован, Г. Ямрозик, В. Брус, П. Мар'янчук. **Структурні властивості тонких плівок графіту отриманих різними методами** 172

О. Коваленко, В. Воровський, І. Сабадаш. **Особливості кристалічної структури нанокристалів ZnO:Mn** 174

Є. Чесноков, І. Вертегел, О. Овчаренко, А. Буківський, Ю. Гнатенко. **Дослідження механізмів ямр релаксації ядер ^{7}Li в сегнетоелектричних кристалах ніобату та дігідрофосфату літія** 176

O. Sushko, M. Derhachov, S. Popov, V. Kidalov, I. Jankowska-Sumara. **Fabrication and raman spectrum of Ga_2O_3 film deposited on porous substrate** 178

В. Короновський, Ю. Вакула. **Вплив електричного поля на мікромагнітні неоднорідності плівок феритових гранатів** 179

О. Іванченко, О. Тонкошкур. **Розподіли температури в пластині сонячного фотоелемента з локальним електричним джерелом тепла** 181

О. Доброжан, С. Кахерський, Р. Пшеничний, А. Опанасюк. **Структурні та субструктурні характеристики нанокристалів і плівок ZnO для використання у сонячній енергетиці** 183

P. Minaiev, V. Skalozub. **The electroweak phase transition in the magnetized quark-gluon plasma** 185

І. Ткачук, І. Орлецький, З. Ковалюк. **Електричні властивості фоточутливих гетероструктур n-SnS2/p-InSe, виготовлених методом спрей-піролізу** 186

Є. Скрипнік, І. Янковська-Сумара, М. Трубіцин. **Кристалізація скла літій-натрієвого тетрагерманату** 188

О. Галочкін, А. Ащеулов, Ю. Ушенко, С. Дремлюженко1 О. Галочкіна. **Координатно-чутливий фотодіод шотткі на основі радіаційностійкого напівпровідника $In_2Hg_3Te_6$** 189

Г. Гайдар. **Особливості впливу швидкості охолодження на параметр анізотропії термоерс низькоомних кристалів кремнію** 191

М. Раранський, А. Олійнич-Лисюк, І. Курек, Р. Тащук. **До питання про природу термопластичної деформації тонких неауксетичних і ауксетичних шарів індію** 193

С. Попов, Т. Крузіна, Ю. Потапович, С. Рябцев, О. Руцький. **Струм витоку в тонких плівках $Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ на підкладках з ситалу** 195

V. Studenyak, M. Pop, O. Yamkovy, L. Suslikov, I. Studenyak. **Influence of S→Se substitution on optical properties of $Ag_7GeS(Se)_5I$ crystals** 197

Н. Поленяєв, М. Буланий, О. Коваленко, О. Морозов. **Фотолюмінесценція кристалів ZnS під дією ультразвукових коливань** 198

І. Білинський, Р. Лешко. **Зонна структура впорядкованого масиву квантових точок різної форми** 199

С. Лягушин. **Часові залежності в рівняннях еволюції надвипромінювальної системи за методом скороченого опису Боголюбова** 200

О. Орлянський, А. Терентьєв. **Моделювання різних видів руху фрикційного осцилятора** 202

Г. Гайдар, М. Пинковская, О. Кондратенко, В. Романюк, М. Старчик. **Влияние ионного облучения на микроструктуру поверхности Si с естественным и искусственно нарощенным окислом** 204

M. Dmytriiev, V. Skalozub. **Dark matter wide resonances in the generalized Yukawa model** 206

А. Крівченко, М. Трубіцин. **Електричні властивості кристалів $Li_2Ge_7O_{15}$, легованих Al** 207

О. Балагуров, М. Трубіцин. **Вплив домішок на фотоіндуковані ефекти в монокристалах $PbMoO_4$ та Pb_2MoO_5** 209

О. Савченко, А. Кротенко, І. Скуратовський. **Електропровідність низьковольтної варисторної кераміки на основі SnO_2 з добавками Cr_2O_3 та Bi_2O_3** 210

E. Reznikov, V. Skalozub. **An additional mechanism for direct photons generation in a dense medium with a magnetic field and non-zero temperature** 212

Халіл J. Хамам, Біляль Абу Сал, В. Моісеєнко, О. Огієнко, М. Дергачев. **Імпедансна спектроскопія нанокомпозиту опал-$NaBi(MoO_4)_2$:Gd^{3+}** 213

О. Соколовський, С. Соколовський, О. Грінішин. **Релаксаційні процеси у напівпровідниках** 214

ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНОСТІ НА COVID-19 В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Т. Ващенко, С. Вовк
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
redrain228@gmail.com

Прогнозування захворюваності є одним з актуальних завдань сучасності. Так, на сьогоднішній день світ охопила пандемія дуже заразної хвороби – коронавірусу COVID-19, яка переважно передається через краплинки, що розлітаються, коли заражена людина кашляє, чхає або видихає повітря. Кількість випадків захворювань у світі [1] з початку розповсюдження хвороби наразі (станом на 14.10.2020) становить 38,3 млн, а в Україні – 276 тис. Науковці з усього світу працюють над створенням вакцини, але результат роботи буде отримано ще не скоро. Для контролю поширення коронавірусу уряди різних країн впроваджують певні карантинні заходи та обмеження. Ці дії дозволяють зменшити навантаження на лікарняні заклади та вберегти багатьох здорових людей від зараження та страждань, спричинених симптомами хвороби. За цих умов дуже важливим є прогнозування захворюваності задля приймання та проведення необхідних випереджувальних карантинних заходів та запобігання зростаючому розповсюдженню хвороби.

У загальному вигляді, задачу прогнозування захворюваності на COVID-19 слід розглядати на основі просторово-часової моделі, оскільки важливим є не тільки час зараження та його інкубаційний період, але і те, в якому місці зараження відбулося та скільки осіб там були присутні. Проте в умовах жорстких карантинних обмежень на просторове пересування осіб, зокрема в Україні, задача прогнозування захворюваності на COVID-19 може бути спрощена шляхом розгляду лише часової моделі захворюваності. В цьому випадку задачу прогнозування захворюваності можна звести до задачі прогнозування часових рядів [2]. Звичайно часовим рядом називають послідовність спостережень, зібраних через постійні інтервали часу, будь то щодня, щомісяця, щокварталу чи щороку. Аналіз часових рядів передбачає розробку певних моделей, що використовуються для опису спостережуваних часових рядів та розуміння того, що саме «стоїть» за цим набором даних. Це передбачає створення припущень та відповідну інтерпретацію даних. Прогнозування часових рядів має використовувати найвідповіднішу модель, необхідну для прогнозування майбутнього спостереження на основі складної обробки поточних та попередніх даних. Слід зазначити, що існують дві категорії методів прогнозування часових рядів: класичні методи та методи на основі нейронних мереж. З них друга категорія є більш ефективною, оскільки має більше гнучкості та дозволяє ефективніше обробляти складні залежності в даних.

Для вирішення задачі прогнозування захворюваності на COVID-19 у часі було обрано метод рекурентної нейронної мережі з довгою короткостроковою пам’яттю (ДКП) [3]. В такому різновиді мереж зв'язки між елементами утворюють спрямовану послідовність. Завдяки цьому з'являється можливість обробляти серії подій у часі або послідовні просторові ланцюжки. На відміну від інших подібних методів, рекурентні мережі з ДКП можуть використовувати свою внутрішню «пам'ять» для обробки послідовностей довільної довжини та більше придатні до виявлення довгострокових залежностей в даних.

У доповіді наведені результати короткочасного (на 1 тиждень) інтервального прогнозу захворюваності на COVID-19 в Україні та пошуку оптимальної конфігурації гіперпараметрів рекурентної мережі, якими є методи ініціалізації мережі, функції активації, кількість епох навчання, кількість прихованих шарів та кількість нейронів у них. Для тренування та тестування мережі були взяті загальнодоступні дані про кількість нових підтверджених випадків, одужань та смертей, які були спричинені COVID-19 в Україні з 01.04.2020 по 17.10.2020 включно. На рис. 1 наведено результат прогнозування на 7 днів на основі даних за попередні 63 дні навчальної вибірки за допомогою простої моделі рекурентної нейронної мережі, що складається з вхідного та вихідного шару, а також з одного ДКП-шару, що містить 32 нейрони.

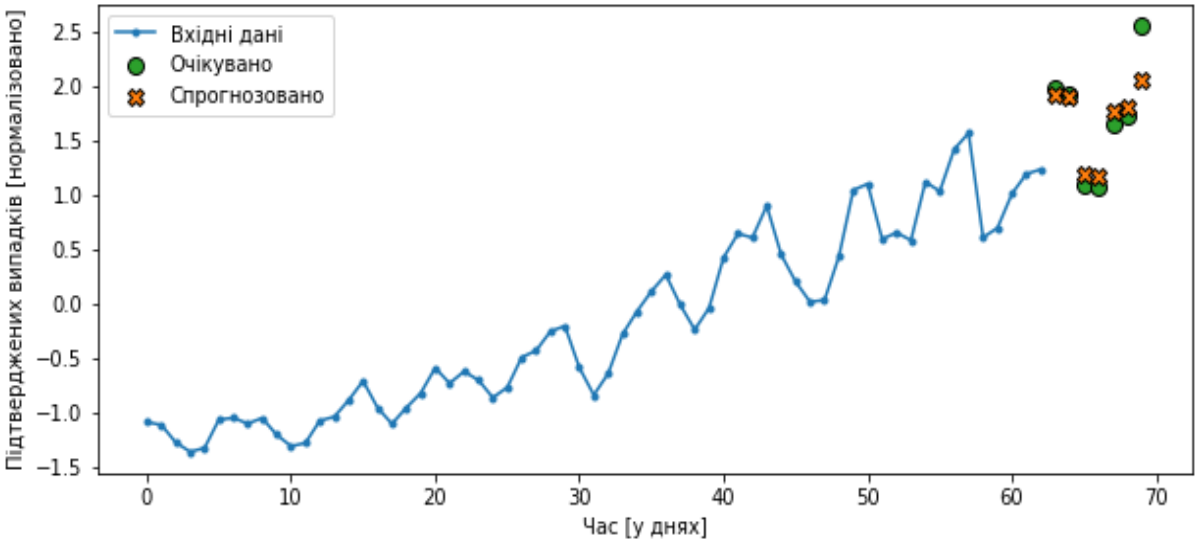


Рис. 1. Результати тижневого прогнозування захворюваності на COVID-19 в Україні

[1] WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard | WHO Coronavirus Disease (COVID-19) Dashboard [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://covid19.who.int/
[1] Лукашин Ю.П., Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учебное пособие. - М.: Финансы и статистика. (2003). С. 416
[1] Sepp Hochreiter[en]; Jürgen Schmidhuber[en] (1997). Long short-term memory. Neural Computation[en] 9 (8): 1735–1780, (1997). P. 6–9

NEURAL NETWORK BASED FORECASTING OF COVID-19 DISEASE IN UKRAINE

T. Vashchenko, S. Vovk
Oles Honchar Dnipro National University
redrain228@gmail.com

The problem of COVID-19 sickness rate forecasting by neural networks is discussed. The proposed approach consists in time series forecasting by the modification of Recurrent Neural Network – LSTM (long short-term memory) and searching for the optimal neural network's configuration. Obtained results get a better understanding of LSTM abilities in the sickness rate forecasting.

ON USER INTERFACE DESIGN OF UNIFIED CLINICO-STATISTICAL CLASSIFICATION OF DISEASE

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

It is even hard to imagine modern medical care without any standards. But the foundation for the standards is not a trivial question: different groups and even schools defend their own approaches. But if we think about medical care from system development point of view, we will find a lot of the analogical points. We can think about the process of treatment in analogy to the process of tuning or repairing the system. When we try fixing something, the first steps will be devoted to understanding the problem: the nature of the problem and the state of the system required fixing. Knowing the state of the problem can lead us to the proper way of its resolution. In medicine that state called clinical diagnosis can be thought as a formal description of defect, patient's state in a compact form which is clear enough to start the treatment. To make that description formal different classifications are used.

In Ukraine, a group of scientists under the leadership of prof. Bereznitsky Y.S. proposed a Unified Clinico-Statistical Classification of Disease which was rather compact and easy to use in comparison with its foreign analogues [1]. It is used in two variations: electronic and paper one. Electronic version is based on frame-based knowledge representation model and currently used in two modes: expert mode which allows to correct and reorganize the frames and user mode that allows to use it as a source for clinical diagnosis definition, reports etc.

The problem is that in real life there cannot be a lot of experts able to maintain the classification spending a lot of time. Thus, the process of maintenance should be effective enough to be implemented in real organization, considering that the effectiveness is capability of producing a desired result avoiding significant expenses. The solution of the problem connected with expert's shell UI reconstruction and adding new functions which were not realized and even could not be realized in its previous version.

We were focused on two points: escaping misunderstanding and reducing superfluous movements on behalf of the expert; increasing the speed of tasks completion.

First, it was noted that the experts are quite familiar with MS Word Editor and found it more comfortable to create new structures and modify existed ones: he/she frequently copied and pasted some information from one frame into another etc. Of course, direct use of MS Word cannot solve the problem because it does not have necessary checkers able to test the created or modified frames and not connected with the core of the system. Thus, the main direction was to take the idea of Word editor as the core concept of expert's shell project.

In the result, new editor supports all necessary functions: adding/modifying/removing slots (clinical characteristics) and their values, adding comments etc. All these functions were developed taking in mind the ideas of simplicity and effectiveness of actions and unexperienced user behavior. E.g. to add a new value to the selected slot, user have to just press "=" key and the system analyzes the location of the cursor and defines the slot to which new value should be added, automatically providing its name. To the list of required functions were also added some additional functions which made the process of development more comfortable and effective. They are as follows: rolling back after correction, switching the language. Some actions of not experienced user can damage the frame and to return it back to the previous point of successful modification or even to initial state can be problematic without "Undo" special function. Thus, we propose to record the history of changes done by the user and to use "Undo" function based on that history.

Adding the characteristics from other frames to the target one can be done simply by copying of the text from the source frame and pasting it to the target one.

Syntax highlighting and frame checking have also been added. When the user tries to save the results and leave the editor screen, system checks the frame against the rules and informs user in case of errors about the place and the specific of errors occurred.

Main window of the editor is shown in Fig. 1.

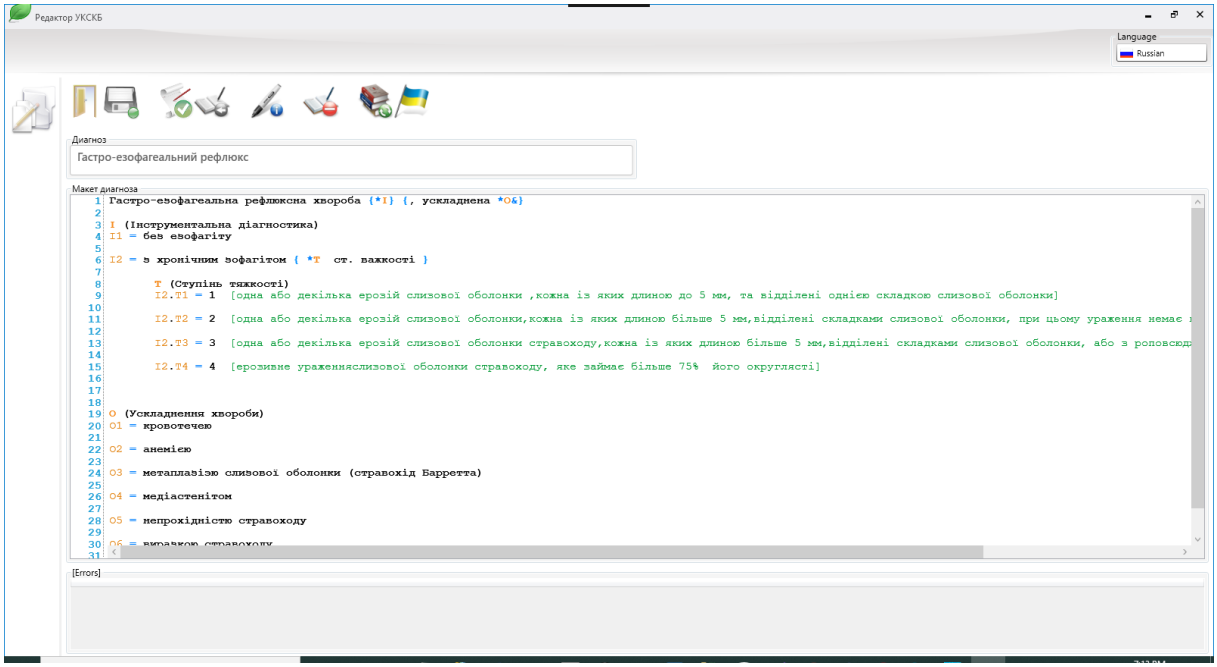


Fig. 1. Unified clinico-statistical classification of disease editor

As for internal organization, the core of the project was slightly modified but the principles remained the same: frame and slot structures organized using composition pattern [1][2]. E.g. to make checking the frame its textual description should be converted to the inner representation of frames-slots composition and then checked. The important point is that for an error occurred while checking the obtained structure, the message which informs end-user about the error should also indicate a line number in the textual frame description which caused that error. To solve that problem, core structures were modified by adding some properties responsible for “core-textual” forms connection.

Thus, the provided UI is rather flexible than previous one and can be used by the expert more effectively. The main challenge for this version is using textual editor conception as the core idea of the project instead of widespread semantic tree-based variation. The implementation of standard functions was more difficult than in original tree-based version, because it was critical to preserve the freedom in actions of end-user, but, in the result, we have got an editor with higher usability, that means higher learnability and memorability, effectiveness and satisfaction.

[1] Литвинов О. А. Інформаційна технологія класифікації клінічних діагнозів на основі семантико-синтаксичної моделі/ О. А. Литвинов.- Київ, 2008.

[2] Литвинов О. А. Формалізація клінічного діагнозу і модель електронної класифікації діагнозів для Медичних Інформаційних Систем України./ О. А. Литвинов // Системные технологии.– Выпуск 2(49). – Днепропетровск, 2007. - С.46-56.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ГНУЧКОЇ CMS ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

О. Тузенко, О. Балалаєва, С. Тілінін, К. Кулішова
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
tuzenkooa@gmail.com, balalaevaeu@gmail.com, serega.tilinin@gmail.com, kulishova.ek@gmail.com

Актуальність розробки гнучкої CMS обумовлена тим, що багато IT-проєктів змушені змінювати систему, на якій вони спочатку створювалися, через часті проблем типу «боротьби з ядром», коли простіше підібрати більш гнучку систему, ніж намагатися перебороти логіку роботи ядра, яку розробники в нього заклали.

Аналіз поточних рішень показує, що залишається ряд принципових проблем, які розробники не врахували в своїх системах, такі як масштабування проєкту, інтеграція системи зі стороннім функціоналом, який може конфліктувати з ядром системи, а також переповнення системи функціоналом, який в ній не буде використовуватися.

Метою роботи є дослідження і розробка гнучкої CMS загального призначення, яка могла б запропонувати розробникам рішення вищезазначених проблем.

На основі аналізу існуючих CMS систем було прийнято рішення розробити власну систему управління контентом, яка включала у себе базовий функціонал, такий як наявність маршрутизації, адміністративної панелі та архітектури, побудованої по патерну MVC, а також підтримку зворотного зв'язку, створення, редагування сторінок сайту і роботу з користувачами сайту.

Сервіс, на прикладі якого проводилося моделювання, представляє собою сайт з продажу криптовалют, що є досить вузькоспеціалізованою сферою, яку не кожна CMS підтримує. Для вирішення даної проблеми було обрано наступний стек технологій:

– мова програмування PHP – на даний момент навіть безкоштовні хостинги, досить часто надають інтерпретатор PHP, що дозволяє без витрат на хостинг розмістити свій лендінг або тестовий сайт;

– фреймворк Laravel версії 6 – даний фреймворк відрізняє високою швидкістю роботи; підтримує розробку додатків на архітектурі MVC; має менеджер пакетів composer для встановлення готових модулів від сторонніх розробників. має вбудовану об'єктно-орієнтована модель взаємодії (ORM); має вбудовану підтримку шаблонів Blade; включає фреймворк для написання функціональних і/або модульних тестів [1].

– СУБД MySql 5.7 – дана СУБД є де-факто стандартом у веб-розробкці і підтримується всіма хостингами, а за необхідністю її можна змінити на PostgreSQL без переписування запитів, оскільки Laravel підтримує драйвери різних СУБД;

– шаблонізатор Blade і фреймворк Bootstrap 4 для створення адміністративної палені;

Структура проєкту: tests, app (Console, Exceptions, Events, Helpers, Http), bootstrap, config, database (migrations), public, resources (views), routes (web.php).

У ключовій директорії app розташовані контролери застосування, а також моделі, посередники, слухачі тощо. Директорія Controllers розбита на дві логічні секції – це адміністративна директорія, яка містить контролери, обробні запити з адмін-панелі, а також публічні контролери, які обробляють запити відвідувачів сайту. Кожну логічну секцію розділено на фізичні підкатегорії, що дозволяє створити виразну структуру проєкту. У директорії Middleware розташовуються класи-посередники, які здійснюють обробку запиту ще до його потрапляння в контролер.

Для роботи з базою даних Laravel використовує Eloquent ORM, яка є прошарком між призначеним для користувача API і СУБД, надаючи можливість створення програми

повністю в парадигмі ООП [3]. У даному випадку використовуються наступні моделі: Menu, Page, Placement, Role, Settings, Template, Review, Text, User, Language.

Експериментальні дослідження проведено на базі системи з продажу криптовалют, яку було вирішено перевести з CMS WordPress на нову платформу через те, що WordPress не дозволяв реалізувати функціонал, необхідний для роботи системи. Оскільки розроблена CMS володіє базовим функціоналом, а також надає гнучкість фреймворка Laravel, то розробники не обмежені в плані її переробок під свої потреби.

Порівняння систем проводили за трьома категоріями: зручність використання, час розробки, швидкість роботи сайту.

Оскільки система на Laravel є дуже гнучкою, то базову адміністративну панель було перероблено під завдання сервісу з продажу криптовалют. Для складання оцінки зручності адміністративної панелі було опитано 6 осіб, а максимальний бал дорівнював 10. За результатами середній бал WordPress – 0.6, а розробленої CMS –0.88.

Оцінити швидкість [2] розробки на WordPress неможливо, оскільки проєкт не вдалося завершити, а той функціонал, який вже був розроблений раніше на базі WordPress, включав елементи боротьби з ядром системи. Розробка на базі власної CMS зайняла приблизно 1 місяць.

Порівнювали швидкість роботи публічної версії сайту швидкість за версією Lighthouse Report Viewer (чим більше, тим краще). Середня швидкість завантаження WordPress – 4,72 сек., а власної CMS – 3,55 сек.

Таким чином, розроблено гнучку CMS загального призначення, яка дозволяє швидко розробляти вузькоспеціалізовані веб-сервіси шляхом надання загального і необхідного функціоналу, а також гнучкої архітектури додатку, що позитивно впливає на якість і швидкість розробки.

[1] WORDPRESS & LARAVEL – WHEN TO USE THEM? [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.popwebdesign.net/popart_blog/en/2018/08/wordpress-laravel-when-to-use-them/.
[2] Вплив швидкості завантаження сайту на ранжування [Електронний ресурс]. Режим доступу https://seo-akademiya.com/baza-znanij/vnutrennyaya-optimizacziya/vremya-zagruzki-sajta.
[3] Швець О. Занурення у патерни проектування [Електронний ресурс]. Режим доступу https://docplayer.net/91902376-Zanurennya-v-paterni-proektuvannya.html.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF FLEXIBLE GENERAL PURPOSE CMS

O. Tuzenko, E. Balalayeva, S. Tilinin, K. Kulishova
Pryazovskyi State Technical University
tuzenkooa@gmail.com, balalaevaeu@gmail.com, serega.tilinin@gmail.com, kulishova.ek@gmail.com

CMS that allows the developer to flexibly customize the system to their needs without the need to deal with the system kernel, and also provides basic functionality that will be used in each project, was developed. The proposed CMS allowed to complete the project on sale of cryptocurrencies which it was not possible to achieve on CMS WordPress. Recommendations for improving the functional aspects of the developed CMS were obtained. The developed CMS can be used in booking services, online stores, etc.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ТЕЛЕМЕДИЦИНІ

М. Корабельников, Д. Чернетченко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
megamen212@gmail.com

Телемедицина як напрямок медицини, являє собою комплекс дій, технологій та заходів, що застосовуються при наданні медичної допомоги, з використанням засобів дистанційного зв'язку у вигляді обміну електронними повідомленнями [1]. Найбільш розповсюджена телемедична форма організації надання медичної допомоги населенню, – це телемедична мережа для забезпечення взаємодії медичних працівників і пацієнтів, на рівні "лікар"-"лікар", "лікар"-"пацієнт".

Особливу роль у телемедицині займає використання телеметрії для проводження дистанційного вимірювання, збору і передачі інформації про показники діяльності організму пацієнта та контролю пацієнтів з груп ризику. Електронні пристрої збирають інформацію про зміни вітальних параметрів організму, фіксують рухову активність, контролюють падіння людини, пульс, стан легенів за допомогою біоімпедансного методу, а також рівень оксигенації (SpO2) крові. Особливо це може бути актуальним в пандемічних умовах COVID-19, що може дати змоги обмежити фізичні контакти та зменшити навантаження на медичну систему. Наприклад, це дає змогу вивчати серцевий ритм за допомогою електрокардіографічного (ЕКГ) монітора, насичення крові киснем (пульсоксиметр). Інтеграція з іншими пристроями, наприклад, фітнес-трекерів і звичайними смартфонами, значно полегшує роботу лікарів. Такі технології дозволяють спостерігати у реальному часі за станом здоров'я пацієнта. Спеціальна кімната під назвою Washlet (Японія), дозволяє виміряти артеріальний тиск, вагу, рівень цукру в крові, а також провести комплексний аналіз сечі.

Для поліпшення якості збору інформації про стан пацієнта, аналіз отриманих даних, та прогнозування захворювань використовують алгоритми машинного навчання та елементи штучного інтелекту, а саме нейроні мережі. При впроваджені цілодобового збору інформації про стан здоров'я пацієнта ми отримаємо великий масив неоднорідних даних, який можливо проаналізувати за допомогою нейронних мереж та отримати загальну якісну карту та кількісні показники стану пацієнта. Також використовуючи нейроні мережі можливо аналізувати медичні картки пацієнтів, історії хвороби для прогнозування перебігу захворювання та надання цього прогнозу лікарю. Наприклад, національна служба охорони здоров'я Великобританії (National Health Service) співпрацює з компанією DeepMind Health в області створення алгоритмів для аналізу історій пацієнтів. Pfizer реалізує пошук ліків в області іммуноонкологіі [2]. За допомогою сервісу Watson Health від IBM компанія перевіряє гіпотези, аналізуючи масиви наукових публікацій [3].

Прикладом використання нейронних мереж для аналізу ЕКГ-даних, може бути система детектування порушень серцевого ритму (аритмії), а саме атріальної фібриляції, суправентрикулярних екстрасистолій, тощо. На рис. 1,*а* показано приклад простої 3-х шарової нейронної мережі для детектування фібриляції передсердь (миготіння).

Результат детектування сегментів із порушенням ритму показано на рис. 2,*б,в*. Вхідними даними для мережі є набір інтервалів між сусідніми скороченнями серця, що визначені за допомогою R-зубців ЕКГ. Вихідними даними мережі є індекси фрагментів, які відповідають фрагментам із порушенням ритму. Навчання мережі проводилось на

записах відкритої бази фізіологічних сигналів Physionet MIT DB, а саме груп записів із фрагментами фібріляції передсердь (afibdb, ltadb).

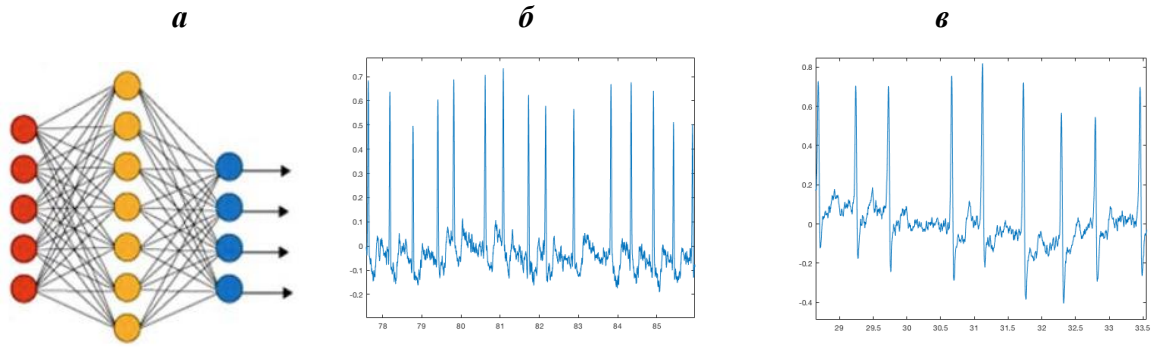


Рис. 2. Проста 3-х шарова нейронна мережа (*а*), фрагменти ЕКГ-сигналу із детектованими сегментами фібляції передсердь (*б, в*). Вісь X - час, в сек, вісь Y - амплітуда сигналу

Наведена нейронна мережа здатна детектувати фрагменти аритмій із досить високою точністю - 95%, чутливість алгоритму - 98% та селективність - 96%. Це дає змогу підтвердити той факт, що безперервний контроль життєво важливих параметрів у реальному часі із використанням алгоритмів нейронних мереж та передбачення стану дозволяє повідомити про критичні стани люди та виконати превентивні дії.

[1] Телемедицина. Возможности и развитие в государствах-членах. Доклад о результатах второго глобального обследования в области электронного здравоохранения. Серия «Глобальная обсерватория по электронному здравоохранению». Том 2. 2012 р. 94 с.
[1] Блокчейн и искусственный интеллект применят в телемедицине [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.osp.ru/medit/2018/03/13054042.html.
[1] Програмні рішення для телемедицини: область застосування і розробка [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://evergreens.com.ua/ua/articles/telemedicine-vs-telehealth.html.

USE OF NEURAL NETWORKS IN TELEMEDICINE

N. Korabelnikov, D. Chernetchenko
Oles Honchar Dnipro National University
megamen212@gmail.com

A special role in telemedicine is played by the use of telemetry for remote measurement, collection and transmission of information about the performance of the patient's body. Neural networks are a convenient tool for improving the quality of data collection and analysis. With the introduction of round-the-clock collection of information about the patient's health, we will receive a large array of data, which, using special algorithms, machine learning, can be analyzed. Analyzed this data set, we obtain a qualitative map of the patient's performance (according to the captured data).

Also, using neural networks, it is possible to analyze patients' medical records, medical histories to predict the course of the disease and provide this prognosis to the doctor. But the final decision on treatment methods is up to the doctor.

АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ, ЩО НАДАЄ ПОСЛУГИ У ВИГЛЯДІ КВЕСТ-КІМНАТ

Н. Крапивіна
Одеський національний морський університет
antaliapikson@gmail.com

Квест-гра використовується для розваг, а також для інших цілей, так, квести можуть знаходити використання для навчання у різних предметних областях. У сучасних умовах інформаційне забезпечення суб'єктів комерційних операцій здійснюється за допомогою комплексних автоматизованих систем керування комерційною діяльністю. Комплексна автоматизована система керування комерційною діяльністю - інформаційна система, призначена для автоматизованого здійснення управлінських процесів і є такою, що охвачує всі аспекти внутрішньої й зовнішньої господарської діяльності суб'єкта комерційних операцій [1]. Сучасні інтегровані системи автоматизації орієнтовані не на окремі функції, а на процеси, тобто об'єктом керування стають наскрізні матеріальні, фінансові й інформаційні потоки [2]. Успіх компанії в конкурентній боротьбі залежить від багатьох факторів, серед яких можна особливо виділити наступні, з точки зору ІТ-технологій: якість інформації; уміння її обробляти й аналізувати; швидкість прийняття рішень за результатами цього аналізу.

Мета роботи полягає у підвищенні прибутків організації, що надає розважальні послуги у вигляді квест-кімнат, за рахунок аналізу актуальних структурованих даних про діяльність компанії на протязі тривалого періоду.

Нехай діяльність організації представлена у вигляді таких множин: T – множина типів ігор, які підгримуються організацією, може змінюватися на протязі діяльності компанії; D – множина джерел бронювання, через які може бути замовлена гра, може змінюватися на протязі діяльності компанії; TR – множина типів витрат, може змінюватися на протязі діяльності компанії; TAS – множина можливих видів додаткового сервісу, може змінюватися на протязі діяльності компанії; P – множина точок організації, може бути представлений як набор компонентів: $p=<a, t, SC>$, де a – місце знаходження точки; t – вид гри у даній точці, $t \in T$; SC – множина сеансів гри у точці p, $SC \subseteq C$.; S – множина співробітників організації; C – множина сеансів; R – множина виконаних витрат; K – множина клієнтів компанії.

Елемент множини R може бути представлений як набор компонентів: $r=<d, sz, tr, SP>$, де d – дата витрати; sz – сума витрати; tr – тип витрати, $tx \in TR$; SP – множина точок, з якими пов’язані витрати, $SP \subseteq P$. Елемент множини K може бути представлений як набор компонентів: $k=<name, phone, email>$, де $name$ – ім’я клієнта; $phone$ – телефон клієнта; $email$– електронна адреса клієнта. Елемент множини C може бути представлений як набор компонентів: $c=<pgm, dgm, tgm, EG, KG, sgm, rgm, saddgm, ASG, brgm, isfact>$, де pgm – точка, де відбулася гра; dgm – дата проведення; tgm – час проведення; EG – набор співробітників, що обслуговували гру, $EG \subseteq E$; KG – набор гравців-клієнтів, $KG \subseteq K$; sgm – сума за гру; rgm – витрати на гру; $saddgm$ – додаткова сума (знижка або доплата); ASG – множина додаткових послуг; $brgm$ – вид бронювання гри, $isfact$ – чи відбулася гра в реальності.Елемент множини ASG може бути представлений як набор компонентів:$asg =<sas, tas>$, де sas – грошова сума додаткового сервісу для конкретного сеансу гри;ssr – вид додаткового сервісу, $ssr \in TAS$.

Загальна вартість гри залежить від точки проведення, часу проведення гри відносно доби, кількості учасників: $sgm =function(p , tgm, qk)$, де qk – можлива кількість учасників, виражається інтервалом $<qkmin, qkmax>$, $qkmin$ – мінімальна кількість, $qkmax$ – максимальна кількість. За додаткову кількість гравців може братися додаткова сума, яка буде показана у $saddgm$, $saddgm$ також може відображати знижку, наприклад, якщо

проводиться акція, таким чином значення *saddgm* може бути як позитивним, так і негативним; *sgm* включається у розклад роботи точок, який може бути представлений у вигляді множини *SH*, елемент якої представлений набором компонентів: *sh=<p, wd, td, prpdt>*, де *p* – точка проведення; *wd* – день тижня; *td* – час доби; *prpdt* – вартість гри для такого дня та часу. Отримана сума за конкретний сеанс визначається таким чином

$$sgm = prpdt + saddgm + \sum_{i=1}^{|ASG|} asg_i .$$

Прибуток для одного сеансу дорівнює *dods= sgm – rgm.* В свою чергу *rgm* може бути обчислено з урахуванням кількох компонентів: *rgm = rt +rp+ rc,* де *rt* – витрати, які визначені для організації в цілому, $rt = \frac{\sum_{i=1}^{|RO|} sz_i}{qrpt}$, де *RO* – множина витрат для компанії в цілому за період *dp*; *RO⊆ R, SP=∅, datestart ≤ dp≤ dateend*; *qrpt* – кількість фактичних сеансів гри за період *dp, qrpt =|CPRD|, CPRD⊆C*; *rp* – витрати, які визначені з витрат для точки, $rp = \frac{\sum_{i=1}^{|RP|} sz_i / |FX_i|}{qcpd}$; де *RP* –набор витрат для філіалу *p* за період *prd,* який у свою чергу визначається парою дат *<datestart, dateend>*, відповідно дата початку періоду та дата завершення періоду; *RP ⊆ R, p∈SP*; *qcpd* – кількість фактичних сеансів гри у точці *p* за період *prd, qcpd =|CPRD|, CPRD ⊆ C, pgm=p, datestart ≤dgm<dateend*.

Надане представлення надає можливість виконати аналіз діяльності організації за такими мірами: фінансові показники; кількісні показники (кількість сеансів; кількість фактичних сеансів; кількість гравців і т.д.). Розрізами аналізу можуть бути: час (рік, квартал, місяць, день тижня, час доби); тип гри; точка проведення гри; додатково можна аналізувати за країною, містом, районом для визначення найбільш прибуткових місць; спосіб бронювання. Завдяки впровадженню реалізованого програмного забезпечення збільшено доходи організації за рахунок підвищення кількості ігор, ефективного розподілення коштів на різні статті витрат та модернізації точок проведення ігор.

[1] Бобович, А. П. Комплексная автоматизированная система управления коммерческой деятельностью: Курс лекций для студентов экономических специальностей и слушателей ОСП «Институт повышения квалификации и переподготовки кадров Белкоопсоюза. — Гомель: УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2005. — 60 с.

[2] Цели фирмы и цели автоматизации. URL: http://bigc.ru/publications/bigspb/automatisationfirm.php.

ANALYSIS OF THE ACTIVITIES OF AN ORGANIZATION THAT PROVIDES SERVICES IN THE FORM OF QUEST ROOMS

N. Krapyvina
Odessa National Maritime University
antaliapikson@gmail.com

The success of a company in competition depends on many factors, among which we can highlight the following, from the point of view of IT technologies: the quality of information; the ability to process and analyze it; the speed of decision-making based on the results of this analysis. The aim of the work is to increase the profits of an organization that provides entertainment services in the form of Quest rooms, by analyzing actual structured data on the company's activities over a long period of time. The organization's activities are presented in the form of sets and formulas for calculating the distribution of costs between individual points of the games.

НАЛАШТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДАНИХ НА ПОТОЧНЕ ШУМОВЕ ОТОЧЕННЯ

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

Важливою умовою отримання адекватних результатів обробки даних є її налаштування на поточне шумове оточення. Таке налаштування фактично визначає критерій обробки даних, яким доцільно користатися. Так, для випадку шумового оточення, обумовленого шумом Гаусса, найкращим для обробки є критерій найменших квадратів. У цьому випадку постановка та рішення відповідних задач обробки даних мають виконуватися в квадратичній метриці; цей та інші випадки обговорені в [1].

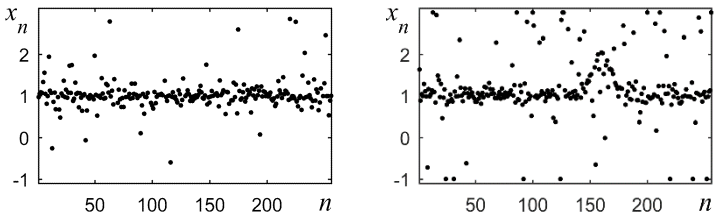
У доповіді подані результати моделювання процесу налаштування на просте шумове оточення, що сформоване шумом Коші, та на складне шумове оточення, що сформоване шумом Коші з викидами та завадою у вигляді короткого гауссівського сигналу, за умови, що моделлю даних є константа. Задаючи модель константи постійним значенням A_0, а зареєстровані дані – послідовністю g_n; $n = 1,..., N$, можна записати таку постановку задачі оцінювання константи:

$$\widehat{A}_0 = \arg\min_{A_0} \sum_{n=1}^{N} \rho(g_n - A_0), \tag{1}$$

де $\rho(x)$ є вартісна функція, яка задає вартість відхилення відомого значення g_n від шуканого значення A_0 [2]. В [3] в якості $\rho(x)$ запропоновано використовувати узагальнену функцію «супермножини вартісних функцій», яка визначається формулою: $\rho_S^{(\alpha,\beta,q)}(x) = k_S^{(\alpha,\beta,q)}[(1+|x/\alpha|^q)^{\beta/q} - 1]$ та залежить від значень трьох вільних параметрів α, β та q, де $0 < \alpha < \infty$, $0 < q < \infty$, $-\infty < \beta \le 1$ й $\beta < q$, $k_S^{(\alpha,\beta,q)} = 1/[(1+|x_0/\alpha|^q)^{\beta/q} - 1]$, x_0 – точка нормування на одиницю, тобто $\rho_S^{(\alpha,\beta,q)}(x_0) = 1$. Ця пропозиція дозволяє змінювати поведінку вартісної функції $\rho(x)$ в широких межах, формуючи як традиційні опуклі вартісні функції (квадратичну, модульну і т.п.), так і більш складні (прямокутну, експоненціальну і т.п.) шляхом нескладного механізму надання вільним параметрам потрібних значень. З огляду на це, задача (1) приймає вигляд:

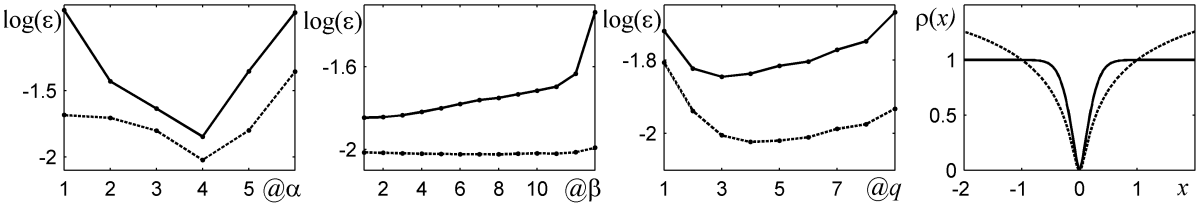
$$\widehat{A}_0 = \arg\min_{A_0} \sum_{n=1}^{N} \rho_S^{(\alpha,\beta,q)}(g_n - A_0). \tag{2}$$

За умови апріорно відомого значення A_0, з (2) випливає можливість налаштування на поточне шумове оточення шляхом вибору найкращих значень вільних параметрів. Нижче на рис. 1 подані приклади простого і складного шумових оточень. Рис. 2 подає результати налаштування на ці шумові оточення, а рис. 3 – динаміку налаштування за кількістю J випадкових реалізацій для наступних послідовностей значень вільних параметрів: $\alpha = (10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}, 1, 10)$, $\beta = (-\infty, -16, -4, -2, -1, -1/2, -1/4, -1/8, 0, 1/8, 1/4, 1/2, 1)$, $q = (1/2, 1, 3/2, 2, 5/2, 3, 4, 5, 10)$, де символ @ позначає номер значення відповідного вільного параметра з наведених послідовностей. Ці приклади вказують на природньо меншу помилку оцінювання константи під час налаштування на просте шумове оточення. Також видно, що результат налаштування на просте шумове оточення Коші фактично відповідає теоретичному результату [1].



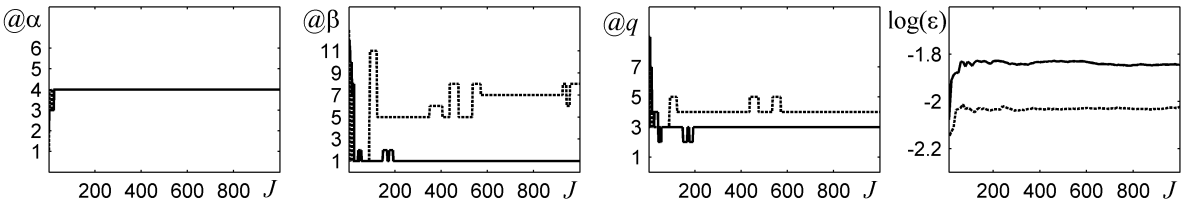
а б

Рис. 1. Моделювання випадкових реалізацій постійного фону A_0=1 для шумового оточення, обумовленого шумом Коші (а) та шумом Коші з викидами та коротким гаусівським імпульсом (б)



а б в г

Рис. 2. Налаштування на шумове оточення, подане на рис.1а (точкова крива) та рис.1б (суцільна крива): а, б, в – логарифм середньоквадратичної помилки для α, β та *q*, відповідно; г – найкращі вартісні функції



а б в г

Рис. 3. Динаміка процесу налаштування як функція числа *J* випадкових реалізацій шумового оточення, поданого на рис.1а (точкова крива) та рис.1б (суцільна крива): а, б, в – залежності номеру значення вільного параметру α, β та *q*, відповідно; г – залежності логарифму середньоквадратичної помилки

В доповіді обговорюються різні деталі цього та інших моделювань й робиться висновок про ефективність запропонованого підходу.

[1] Вовк С.М., Гнатушенко В.В. Обробка даних за наявності шуму і грубих помилок. Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Фізика. Радіоелектроніка». Вип. 24(2) (2017). С. 7 – 35.
[2] Huber P., Ronchetti E.M. Robust statistics. 2nd ed. Hoboken: Wiley. (2009). 370 p.
[3] Вовк С. М. Граничні випадки критерію мінімуму протяжності. Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Вип. 1 (2020). С. 37 – 45.

TUNING OF DATA PROCESSING TO CURRENT NOISE ENVIRONMENT

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

The problem of tuning of data processing to the current noise environment is discussed. To solve this problem, it is proposed to use the superset of cost functions with a known data model. Numerical simulations confirmed the performance of proposed approach.

МЕТОД ДЕРЕВА АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ КЛАСИФІКАЦІЇ ГЕОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

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

Важливою проблемою, яка часто постає перед інженером, є задача автоматичної побудови систем обробки великих масивів інформації та систем прийняття рішень, автоматизації алгоритмічного та програмного конструювання конкретних систем розпізнавання є запорукою їх високої ефективності для кожної реальної задачі, а отже забезпечить швидкий розвиток різних галузей науки й техніки [1]. На сьогоднішній день відомо більше ніж 5000 алгоритмів розпізнавання (заснованих на різноманітних підходах та концепціях), які мають певні обмеження при їх використанні (точність, швидкодія, пам'ять, універсальність, надійність, тощо). Крім того, кожний з алгоритмів обмежений певною специфікою задач застосування, а це безумовно є найслабкішим місцем не тільки даних алгоритмів, але й систем розпізнавання, які базуються на відповідних концепціях [2]. Зафіксуємо такі характеристики методів дерев розпізнавання, як швидкодія та використання апаратної пам‘яті. Швидкодія довільної системи розпізнавання залежить, від кількості кроків, через які проходить та або інша інформація при розпізнаванні, а також від часу, який витрачається на кожний з кроків. Час, який витрачається на кожний з кроків, є відносно невеликим, так як на кожному етапі побудови ознак (вершин дерева) проходить розрахунок важливості ознак (ефективності алгоритмів розпізнавання) за простими формулами. Таким чином, швидкодію метода дерева можна спрощено визначити за формулою $T = \sum_{i=1}^{m} t_i$, де t_i – час розрахунку певної ознаки в i-вій вершині найдовшого шляху в даному дереві розпізнавання, а m – кількість вершин на даному шляху. Якщо позначити кількість вершин дерева розпізнавання через m, а кількість інформації, яка витрачається на кожну i-у ознаку через S_i, то загальна витрачена пам‘ять M, може бути оцінена за формулою $M = \sum_{i=1}^{m} S_i$ [1-3]. Результатом роботи кожного з алгоритмів є одна або декілька узагальнених ознак (відповідних геометричних об‘єктів), які і описують певну частину навчальної вибірки. Можливий випадок коли побудовані ознаки неповністю апроксимують вибірку (об‘єкти, які не підпадають під цю апроксимовану область, називають відмовами класифікації) [2]. Так, поклавши в основу метод дерева класифікації та принцип модульності, в Ужгородському національному університеті був розроблений програмний комплекс “Оріон ІІІ” для генерації автономних систем розпізнавання. Алгоритмічна бібліотека системи нараховує 11 алгоритмів розпізнавання. Базовою задачею для якого було конструювання автономної системи розпізнавання на основі геологічних даних (задача про розділення нафтоносних пластів). Математична модель об'єктів розпізнавання в цьому випадку представляється у вигляді ознак $x_1, x_2,.., x_n$ – наборів. Для розпізнавання об‘єктів використовувалися наступні їх основні властивості (12 основних елементарних ознак та 10 додаткових). В навчальній виборці представлена інформації про об‘єкти двох класів (клас нафтоносних пластів та клас водоносних пластів). На етапі екзамену побудована система класифікації має забезпечити ефективне розпізнавання об‘єктів невідомої класифікації відносно цих двох класів. Перед початком роботи навчальна вибірка була автоматично перевірена на коректність (пошук та видалення однакових об‘єктів різної належності – помили першого роду), хоча в системі і реалізована схема донавчання та виправлення помилок в дереві класифікації (алгоритм ДВП) – так як генерація проходила в автоматичному режимі то даний алгоритм не використовувався. Зауважимо, що навчаюча вибірка

складалася з 1250 об‘єктів (з них нафтоносні 756 об‘єктів), причому ефективність сконструйованої системи розпізнавання оцінювалася на тестовій виборці об‘єму 240 об‘єктів. Дані навчаючих та тестових вибірок отримані на основі геологічної розвідки на території Закарпатської області в період з 2001 року по 2011 рік. На виході результуюча кількість узагальнених ознак склала 18 на 756 об‘єктів класу нафтоностих пластів та 22 на 494 об‘єктів класу водоносних пластів [3]. Сконструйована автономна система класифікації базується на схемі розпізнавання представленій на (Рис. 1).

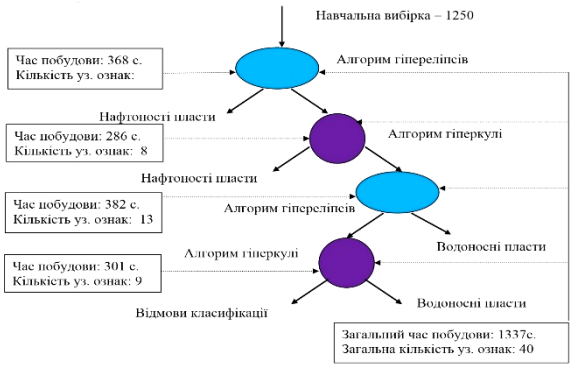


Рис. 1 Схема сконструйованої системи класифікації на основі геологічних даних

На етапі оцінки ефективності сконструйованої системи з 240 об‘єктів тестової вибірки були успішно класифіковані 221 (5-м об‘єктам було відмовлено в класифікації). Такий доволі високий результат (безумовно для побудови нормальної високоефективної системи класифікації об‘єм – 1250 об‘єктів все ж таки недостатній), пояснюється в значній мірі саме застосуванням для апроксимації навчальної вибірки алгоритму гіперкуль. Це дозволило навіть при неповній (неадекватній) вибірці за рахунок збільшення кількості узагальнених ознак забезпечити ефективне розділення областей класів.

[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.

ALGORITHM TREE METHOD FOR THE PROBLEM OF CLASSIFICATION OF GEOLOGICAL DATA

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

An approach to synthesizing new recognition algorithms based on a library (set) of already known algorithms and methods is proposed. In other words, we present 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 step of the scheme synthesis. The efficiency of the developed classification scheme for discrete objects (geological data) was 96 %.

РОЗРОБКА МОБІЛЬНОГО ДОДАТКУ ПІД ОС ANDROID ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КАРТИ ВІДСТАНЕЙ ДО ОБ'ЄКТІВ ЗОБРАЖЕННЯ

П. Корнюшенко, В. Долгов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
polinakorn1616@gmail.com, valeriy.dolgov1993@gmail.com

Дослідження, про яке йде мова у доповіді, ґрунтується на результатах дипломного проекту першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, напряму підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки», «Розробка мобільного додатку під ОС Android для визначення карти відстаней до об'єктів зображення».

Практична частина роботи полягає в створенні мобільного додатку, що за наявності єдиної камери смартфону будує карту відстаней до об'єктів сцени зображення.

З розвитком інформаційних технологій, все більше даних отриманих з навколишнього середовища перетворюються і зберігаються в електронному вигляді. Актуальним завданням, на сьогоднішній день, є розробка зорових систем з відповідним ПЗ, що представляють інформацію про сцену в тривимірному вигляді. Дане завдання вирішується за допомогою 3D-моделювання - процесу створення математичного подання тривимірного об'єкту. Важливим етапом в побудові тривимірної моделі є отримання карти глибини. У тривимірній комп'ютерної графіці карта глибини - це канал зображення або зображення, яке містить інформацію, що стосується відстані поверхонь об'єктів сцени від точки огляду.

Карти глибини використовуються в комп'ютерному зорі для моделювання, реконструкції (процес отримання форми і вигляду реальних об'єктів) тривимірних фігур, при обробці тривимірних зображень за допомогою інструментів двовимірних зображень, для моделювання освітлення в тривимірній комп'ютерній графіці, а також для створення автостереограмм (вид стереограми, яка дає стереоскопічний, об'ємний, ефект без зовнішніх сепаруючих пристосувань - затворні окуляри, окуляри з поляризаційними фільтрами) і ілюзій тривимірного перегляду з допомогу стереоскопії. Обчислення відстаней від точок сцени до об'єктива камери є поширеним підходом при моделюванні напівпрозорих середовищ в сцені (туман, дим, вода).

Сьогодні, при стрімкому розвитку соціальних мереж та, відповідно, популярності фотоіндустрії, актуально використання карт відстаней для імітації малої глибини різкості - коли деякі частини сцени виявляються не в фокусі, наприклад в портретній зйомці або при розмитті в різному ступені обраних користувачем областей зображення.

Карти глибин можуть застосовуватися в абсолютно різних сферах життя. Наприклад, актуальною є розробка систем візуальної навігації призначених для використання в транспортних засобах. Або розробка технологій для сліпих (тифлотехнологій) - людина може отримувати звукові сигнали від спеціалізованого пристрою і орієнтуватися за ними [1].

Крім того, знаючи, що карту глибини можна використовувати для реконструкції тривимірних сцен, можливе створення алгоритмів, що реалізують проеціювання зображень на об'єкти цієї сцени.

Зручно було б отримати карту глибини не на дорогому і потужному обладнанні (сенсори глибини, система камер), а на доступному кожному пристрої, наприклад – смартфоні, за допомогою програмного забезпечення для обчислення карти глибини.

Основним питанням, що розглядається в доповіді є розробка такого ПЗ при отриманні на вхід одного двовимірного зображення, наприклад фото з камери або з

галереї телефону, має виконувати обчислення карти відстаней від точки огляду до об'єктів сцени.

Для вирішення цього завдання використано технології нейронних мереж. Результатом навчання мережі на великому наборі даних - є модель, на вхід якої можна подати одне зображення і результатом стане його очікувана карта глибини. Тобто немає необхідності у використанні додаткових апаратних засобів.

А виходячи з того, що сьогодні наше життя неможливо уявити без засобів масової інформації, таке програмне забезпечення є актуальним для рекламодавців, рекламних компаній і дизайнерів. Використовуючи мобільний додаток, що реалізує такі алгоритми, фірми-рекламодавці зможуть швидко і наочно представляти вигляд логотипу чи назви фірми на тому чи іншому будинку, а дизайнери зможуть витрачати значно менше часу на створення рекламних макетів або портфоліо

До того ж, розроблений мобільний додаток є актуальним в розважальній сфері, наприклад, для простих користувачів, які могли б «приміряти» різні картини або постери на стіни своєї квартири.

Перевагою запропонованого підходу є швидке та наочне представлення результатів обробки на персональному девайсі.

В доповіді проводиться аналіз існуючих технологій для обчислення карти глибини зображення довільної сцени. В результаті чого виявлено їх основні переваги та недоліки. Мобільних додатків, які дають змогу, на основі даних про глибину сцени, виконувати проеціювання зображень на об’єкти фото, не виявлено, що підкреслює актуальність розробки відповідного програмного забезпечення.

В доповіді запропоновано підхід до створення мобільного додатку під ОС Android, для визначення карти відстаней до об'єктів зображення. Запропоновано використання технологій нейронних мереж. Такий додаток дозволить користувачу, на основі персональних даних, швидко здійснювати складні обчислення, а також отримувати та зберігати результати обробки, одразу на персональному девайсі - мобільному телефоні.

[1] Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В. Методичний посібник до вивчення розділу «Методи обробки зображень та комп’ютерний зір», РВВ ДНУ ім. Олеся Гончара, Дніпропетровськ: ЛІРА (2016). С. 127-135

MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT FOR ANDROID OS TO DETERMINE THE DISTANCE MAP TO IMAGE OBJECTS

P. Korniushenko, V. Dolgov
Oles Honchar Dnipro National University
polinakorn1616@gmail.com, valeriy.dolgov1993@gmail.com

The problem of calculating the depth map using a single camera and creating special software is investigated. Scene images are examined, including images from the camera of a mobile device. Images are analyzed using monocular image depth analysis, i.e. analysis of the distance from a single camera to objects in the scene. The specificity of the problem determines the need for software to work on a smartphone. A method for creating such software is proposed.

ФІЗИЧНО КОРЕКТНИЙ РЕНДЕРИНГ ТА ШЕЙДИНГ

Д. Тесленко, Т. Прокоф'єв
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
burgalhashem@gmail.com, t104barmalei@yahoo.com

Фізично коректний рендеринг (від англ. Physically based rendering, PBR) є комп`ютерною реалізацією створення фотореалістичних зображень шляхом обчислення параметрів сцени, зазвичай тривимірної. PBR використовує дані про геометрію моделей сцени, джерела світла та характеристики поверхонь та матеріалів для побудови результуючого відображення. За своєю суттю, рендеринг, орієнтований на фізичні властивості, - це набір принципів, які дозволяють умовне моделювання світла в сцені за допомогою електронних засобів. Шейдинг визначає зміну кольору та відбиття світла залежно від характеристик освітлення. Виконання рендерингу в ЕОМ покладається на апаратні блоки – шейдери (від англ. «тонувальник»), що бувають піксельні та вершинні, блоки теселяції та блоки геометричних перетворень [1].

На даний момент існує кілька груп типів рендерингу. Найчастіше, вони використовуються в поєднанні задля отримання найшвидшого та візуально задовільного результату. До фізично коректного рендерингу найближчим типом є рендеринг з використанням трасування шляху. Інші типи обчислення освітлення в сценах є швидшими за трасування шляху, проте їх принцип суттєво відрізняється від реальних законів поширення світла: растеризація, метод кидання променів, методи трасування променів. Концептуально, рендеринг розділяють на пре-рендеринг, який не має вимог до швидких обчислень та поширений при створенні відео та кіно, та рендеринг в реальному часі, використовуваний в комп`ютерних іграх [2].

В основі побудови PBR лежить фізична модель розповсюдження світла, на відміну від багатьох попередніх способів обчислення тривимірних сцен. Ґрунтується ця модель на простих та інтуїтивно зрозумілих твердженнях, які, в той же час, мають складні та часто комбіновані шляхи реалізації за допомогою математичних функцій. Обчислення кожного променю світла в сцені є занадто вимогливим до апаратних ресурсів, тому приймають модель апроксимації суворо обмеженої кількості променів.

Головні засади для створення коректного рендерингу та шейдингу це закон збереження енергії та тип функції відбивної здатності (від англ. Bidirectional reflectance distribution function — BRDF). Закон збереження енергії для обчислення променів при рендерингу має наступне формулювання: інтенсивність світла в кожній точці не може бути більшою ніж сумарна інтенсивність світла, яке досягло цієї точки від джерел світла або було відбито іншими тілами. Крім того, будь-який об`єкт має відбивати якусь кількість світла, як і відбувається в реальному світі [1,2]. BRDF визначає математичний вигляд обчислень освітленості тіл за допомогою яскравості світла в кожній точці на підставі напрямку падаючого світла та світла, що виходить з поверхні.

Перевагою та інновацією застосування PBR стала універсальна та передбачувана поведінка світла в сцені при зміні параметрів джерел світла або додавання нових об`єктів. Однією з особливостей PBR стало використання текстурних мап металевості. Карта metalic працює як маска в градаціях сірого, задає наскільки в даній точці (текстурному пікселі) матеріал є металом або діелектриком (значення від 0 до 1, відповідно). Це обумовлено фізичними властивостями цих матеріалів щодо відбиття світла. Відбиття за типами поділяють на дзеркальні (ідеальні), дифузні та глянцеві. Лише діелектрики в PBR мають дифузний тип ефекту – розсіювання променів під поверхнею тіла через моделювання часток матеріалу, які розсіюють світло в різних напрямах,

формуючи розмитий відблиск. В той же час, метали мають кольорові відбиття, що не є характерним для діелектриків [1]. Ключовим в даному питанні є використання коефіцієнту відбивної здатності за Френелем. При куті огляду 90 градусів матеріали, що мають прозорість будуть максимально проявляти її, при зменшенні кута огляду матеріал буде все менше прозорим і все більше світла буде відбиватися. На рисунку 1 наведено кількість відбитого світла для різних матеріалів.

Рис. 1. Обробка відбиття світла в PBR для різних матеріалів

Як можна бачити, для коефіцієнту френелівського відбиття є винятки – дорогоцінне каміння. Крім того, існують ряд матеріалів, які окремо визначаються в моделі PBR тому, що вони не є металами, проте виявляють властивості, що характерні для них. Одним з найбільш виняткових матеріалів є тканина атлас, яка майже не містить дифузного відбиття, що специфічного для необробленого металу. Не може бути повного виключення чи максимальної наявності тієї чи іншої властивості [2]. Використання та подальше вдосконалення технології PBR має велике значення в фотореалістичному рендері, коректному текстуруванні.

[1] M. Pharr, P. Hanrahan, G. Humphreys Physically Based Rendering - Стенфорд: "California". 2004. - 451с.
[2] Что такое PBR [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://3dyuriki.com/2015/02/26/chto-takoe-pbr-fizicheski-korrektnyj-rendering-i-shejding/.

PHYSICALLY BASED RENDERING AND SHADING

D. Teslenko, T. Prokofyev
Oles Honchar Dnipro National University
burgalhashem@gmail.com, t104barmalei@yahoo.com

This article considers the use of the Physically based rendering model for photo realistic texturing. Theses also describes the use of the law energy conservation and bidirectional reflectance distribution function in the PBR model.

The use of a metal texture map, masking areas that are dielectrics, has become an innovative solution for rendering based on physical properties. Knowledge of different materials reflectivity makes it possible to unify the modeling of three-dimensional scenes in the development pipeline.

ПРОГРАМА ДЛЯ ОБЛІКУ РУХУ ТОВАРІВ В ОРГАНІЗАЦІЇ З РІЗНОФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ФІЛІАЛАМИ

К. Солодовнікова, Ю. Гунченко
Одеський національний морський університет
solodovnikova329@gmail.com

Автоматизація обліку у магазині спрямована на те, щоб оперативно показувати теперішній стан справ, допомогти поліпшити контроль над здійснюваними процесами, що відбуваються у магазині, також допомагає домогтися того, щоб не давати змінювати процеси, виключити, де це можливо, людський фактор, а також не дозволяти губитися товарам і грошам. Автоматизація торгівлі - це комплекс заходів щодо впровадження в торговельний бізнес-процес програмного забезпечення з метою підвищити ефективність використання трудових ресурсів і якість обслуговування, а також забезпечити економію й збільшення робочого часу за рахунок скорочення числа ревізій, можливість простежування всього шляху товару й коштів, контроль залишку товару [1]. На сьогодні на ринку програмних продуктів існує велика кількість програм для автоматизації торговельних компаній. Проте спосіб обліку для кожного випадку є унікальним в своїх характеристиках. Будь-яка програма обліку торгівлі має свою специфіку.

Мета роботи полягає у підвищенні достовірності даних, отриманих при розрахунку залишків продукції у філіалах організації за рахунок автоматизованого обліку додаткової обробки з переходом товару у інший вид в процесі переміщення між філіалами.

Розглянута в роботі торгівельна організація має кілька філіалів різного типу, між якими відбувається переміщення товарів. Нехай множина рухів товару представляється множиною *R*. Елемент множини *R* можна описати у вигляді набору компонентів, $r \in R$:

$$r=\langle rt, dt, ql, flfr, flwh, dz\rangle,$$

де *rt* – товар, який зайшов або вийшов з філіалу, $rt \in T$, *T* є множиною товарів, які існують у предметній області; *dt* – дата переміщення; *ql* –кількість товару; *flfr* - філіал, з якого товар виведений, $flfr \in F$, *F* є множиною філіалів; *flwh* - філіал, до якого товар зайшов, $flwh \in F$, $flfr \neq flwh$; *dz* – дизайн, відповідно до якого виконано перетворення під час руху, якщо *dz* =0, то перетворення не відбулося.

Одним з елементів множини *F* є елемент *E*, який може бути використаний для визначення *flfr*, якщо товар закуплений у постачальника або у клієнта (у разі, якщо клієнт надає товар-основу для додаткової обробки на виробництві), або для *flwh* , якщо товар проданий клієнту або повернений постачальнику. Товар, для якого розраховується залишок, визначається парою наступного виду: $t=\langle rt, dz\rangle$.

Залишок товару у філіалі визначається за формулою

$$bl_i(t) = \sum_{j=1}^{|Rt|} koef_j \cdot ql_j - \sum_{l=1}^{|Rdz|} ql_l \ ,$$

де $Rt \subseteq R$ – елементи множини фактів руху, які мають відношення до товару *t* та *i*-го філіалу, тобто для яких виконуються наступні умови $rt = t$, $flfr = i$ або $flwh = i$; *koef* – коефіцієнт, який враховує напрям руху товару, $koef_j = -1$, якщо $flfr = i$, та $koef_j = 1$, якщо $flwh = i$; $Rdz \subseteq R$ – елементи множини фактів руху, які мають відношення до товару *t* та *i*-го філіалу, але для яких $dz>0$. Другий компонент формули корегує залишок, якщо відбувалося перетворення, і дорівнює 0 якщо $dz=0$.

Діаграма варіантів використання – це найбільш загальне подання функціонального призначення системи. Варіант використання застосовується для специфікації загальних особливостей поводження системи або іншої сутності без розгляду її внутрішньої структури [2]. Діаграма варіантів використання описує основні функції системи і акторів, які будуть з нею взаємодіяти (рис. 1).

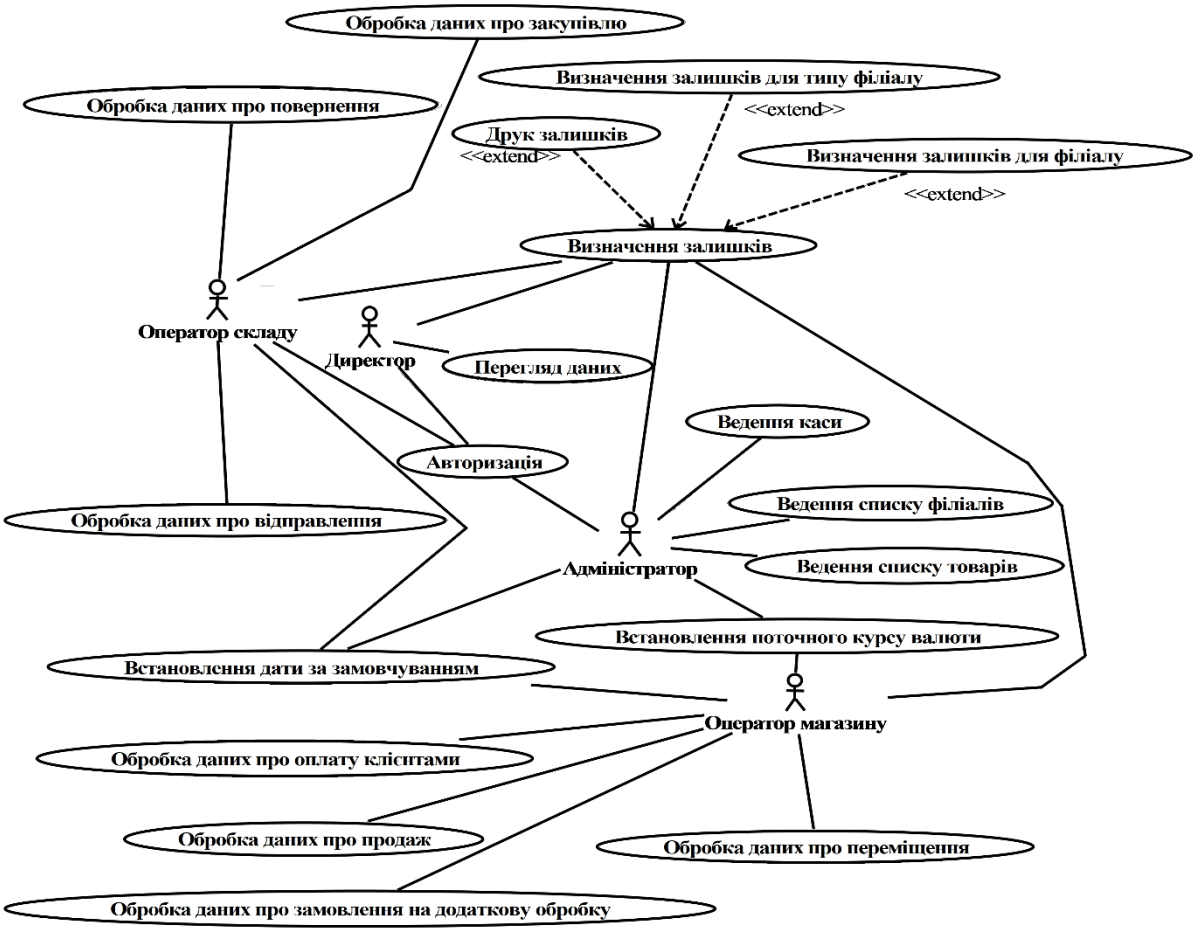


Рис. 1. Діаграма варіантів використання

Науково-практичне значення роботи полягає в тому, що автоматизовано розрахунок залишків продукту окремо в філіалах торгової мережі та в організації в цілому з урахуванням перетворення продукту в окремих філіалах.

[1] Автоматизация торговли. URL: http://cyclowiki.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B8.

[2] Пашкевич, А.П., Чумаков, О.А. Современные технологии прграммирования. Минск. 2007. 64 с.

THE PROGRAM FOR ACCOUNTING THE MOVEMENT OF GOODS IN AN ORGANIZATION WITH MULTI FUNCTIONAL BRANCHES

K. Solodovnikova, Y. Gunchenko

Odessa National Maritime University

solodovnikova329@gmail.com

In the software market, there are a large number of programs for automating the activities of trading companies. However, the accounting method for each case is unique in its characteristics. A formal representation of the fact of product movement between branches with different functions is given, some of which can perform additional processing of the product, turning it into a new type with the need to take this into account when calculating balances. A description of the functions of the software system is provided in the form of a diagram of use cases.

ВИВЧЕННЯ АСТРОНОМІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ІТ ТЕХНОЛОГІЙ

А. Алєксєєнко, О. Тищенко, Н. Соколова
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
annaalexeyenko42@gmail.com, olehtishchenko46@gmail.com, n.olegowna@gmail.com

На сьогоднішній день спостерігається значний внесок астрономії у створення наукової картини світу і формування світогляду сучасних людей. У результаті науково-технічної революції, об'єм і роль астрономічних знань зростають. З'являються нові розділи астрономії, розробляються методи та інструменти, що підвищують результативність і точність спостережень. Практичне значення астрономічних досліджень сприяє розвитку фізики, хімії, техніки та енергетики [1]. Поглиблення астрономічних знань для залучення ресурсів і можливостей космічного простору може у майбутньому стати одним із методів виходу із енергетичної та екологічної кризи [2, 3]. З іншого боку, астрономія допомагає мислити глобально, навчає великій кількості потрібних навичок [4]. Проте, занурюючись в астрономію як науку людині, що не має певних знань, досить непросто. Тому є очевидним той факт, що необхідно залучувати людей до вивчення цієї науки, однак із використанням методів, які наочно продемонструють аспекти космічного світоустрою та зможуть надихнути на подальшу роботу навіть того, хто ще не є надто близьким до астрономії та не має спеціальної підготовки [5].

Розроблена комп'ютерна модель Сонячної системи дозволяє вивчити розташування та рух планет і їх супутників навколо Сонця наочно та достатньо легко. Метою проекту було створення геліоцентричної моделі Сонячної системи, у якій Сонце знаходиться у її центрі, а планети обертаються навколо нього під впливом дії його гравітаційного поля. На початку роботи над проектом було встановлено критерії і зв'язки складових моделі, серед яких - співвідношення розмірів планет і Сонця, швидкість і напрямок руху планет, розташування планет і Сонця у просторі відносно одне одного.

Для створення космічних об'єктів визначені властивості сфери як геометричного об'єкта в просторі. Сфера представляє собою тривимірну замкнену поверхню, де кожна точка знаходиться на однаковій відстані від центра. Ми не можемо взяти всі точки для побудови, тож було обрано алгоритм отримання сфери з трикутників, за яким ми обираємо фіксовану кількість точок і розділяємо сферу на сектори і стеки. Слід зауважити, що чим більша кількість цих точок, тим більш «плавним» буде створений об'єкт.

Сектори у цьому випадку відповідають за довготу, а стеки - за широту. Діапазон кутів сектора складає від 0 до 360 градусів, а кутів стека – від 90 до -90 (зверху вниз). Довільна точка трикутника на сфері з координатами x, y, z розраховується за допомогою параметричних рівнянь (1) з відповідними кутом сектора t і кутом стека f, що змінюються з урахуванням кроку, який ми визначаємо напередодні.

$$\begin{aligned} x &= (r\cos f)\cos t; \\ y &= (r\cos f)\sin t; \\ z &= \sin f \end{aligned} \tag{1}$$

Всі графічні об'єкти змодельовані на основі полігональних сіток, трикутники, з яких будується сфера, генеруються за індексами. Для кожної точки задається свій індекс і, таким чином, зникає необхідність «обходити» та зберігати декілька разів одні і ті ж вершини сусідніх трикутників сфери. Це забезпечило оптимізацію програми та, як наслідок, прискорило її роботу.

У процесі роботи було застосовано концепцію об’єктно-орієнтованого програмування. Реалізація проекту відбувалась з використанням відкритої графічної бібліотеки OpenGL та мови високого рівня програмування шейдерів OpenGL Shading Language. Були створені класи об’єктів «камера» та «планета». У цих класах зберігаються властивості і методи відповідних об’єктів моделі.

Клас «планета» визначають наступні властивості: координати точок сфери та її радіус, кути сектора і стека та кроки для їхнього находження. У цьому класі було реалізовано конструктор, який заповнює масиви точок сфери і індексів вхідними даними та ініціалізує значення координат центра сфери і значення кількостей секторів та стеків.

Клас «камера» має масиви координат, що відповідають за позицію камери, напрямок і швидкість її руху та час, який витрачається на візуалізацію останнього виведеного кадра. Наведені властивості класу необхідні для забезпечення взаємодії користувача зі створеною моделлю Сонячної системи. Ця взаємодія відбувається завдяки методам, що трансформують позицію камери, визначають її рух і обернення. Тому користувач може легко змінювати точку спостереження та акцентувати увагу на аспектах, які його зацікавили.

Для того, щоб реалізувати обертання та рух планет, використовувалась матрична алгебра, а саме було створено дев’ять матриць, які описують рух кожної планети. В цих матрицях було розраховано унікальні швидкості руху для всіх планет і радіуси, які відповідають за траєкторії їхнього переміщення.

Використання реальних зображень космічних об’єктів для створення текстур допомогло відобразити реальний вигляд поверхонь планет і Сонця. Тож можна говорити про досить точне представлення складових Сонячної системи і можливість використання спроектованої моделі як навчальної. У перспективі передбачається доповнення спроектованої моделі новими об’єктами та можливостями. Сподіваємося, що найближчим часом створення додатків для вивчення астрономії та інших перспективних наук набуде більшого поширення та знайде відгук у користувачів.

[1] Rosenberg, M., Russo, P., Bladon, G. & Christensen, L.L., Astronomy in Everyday Life CAPjournal 14, 2013
[2] Sara Jennings & Hannah Kerner. Space, Science, and Technology. Take Center Stage Feb 10, 2017
[3] Ю. Горбунов «Астрономія у житті сучасної людини». [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://masters.donntu.org/2011/fkita/gorbunov/ind/index.htm.
[4] Joanna Hughes. Five Reasons to Study Astronomy. Joanna Hughes. August 21, 2017 [Електронний ресурс].
[5] Подборка 3D моделей Солнечной системы [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://mapgroup.com.ua/news/kosmos-2/440-3d-model-solnechnoj-sistemy

STUDYING ASTRONOMY THROUGH INFORMATIOM TECHNOLOGIES

A. Alekseyenko, O. Tyshchenko, N. Sokolova
Oles Honchar Dnipro National University
annaalexeyenko42@gmail.com, olehtishchenko46@gmail.com, n.olegowna@gmail.com

The paper presents the use of information technologies in studying astronomy. The model of the Solar System is an example of the project that can be used as educational. In the future, it is planned to add new objects and opportunities to the designed model.

ВИЯВЛЕННЯ ЛЮДИНИ І ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, ЩО РУХАЮТЬСЯ, ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ СЕЙСМОСИГНАЛІВ

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

Сейсмічні засоби виявлення відносяться до засобів пасивного типу і внаслідок цього мають ряд переваг: скритність, низьке енергоспоживання, площадкова зона виявлення. Конструювання віддалених автономних сейсмічних пристроїв (СП) має велике значення як для цілей охорони цивільних і військових об'єктів, так і для розвідувально-сигналізаційних цілей. В даний час найбільш перспективними СП для виявлення об'єктів, що рухаються, вважаються СП із складними алгоритмами частотно-часової обробки сигналу [3, 4]. Це, в основному, пов'язано з їх високою (більш 0,92) вірогідністю коректного виявлення об'єктів. Але використання цих алгоритмів призводить до значного збільшення інформаційних та енергетичних витрат, що вкрай небажано для віддалених автономних СП і систем на їх основі. У доповіді на основі аналізу особливостей сейсмосигналів від людини і транспортних засобів, що рухаються, наводяться принципи розроблених темпоральних (часових) алгоритмів виявлення, які не потребують значних інформаційних витрат і в той же час мають значну величину вірогідності коректного виявлення об'єктів.

З анализу характеристик сейсмічних сигналів зазвичай визначається ознаковий простір - набір інформативних параметрів сигналів для класифікації рухомих об'єктів. З урахуванням встановленої у роботі залежності спектрів сейсмосигналів в місці їх реєстрації від змінних параметрів джерела сигналу і каналу передачі інформації (приповерхневий шар землі), що призводить до похибки класифікації, спектральні характеристики сигналів і їх особливості не використовувались у якості класифікаційних ознак для виявлення людини та транспортних засобів. Тому у якості інформативних класифікаційних параметрів сейсмосигналів від людини, що рухається, з урахуванням експериментальних даних обиралися часові параметри: тривалість сейсмоімпульсів τ_i від 100 мс до 300 мс і період їх проходження T_i від 0,3 с до 1,5 с. Алгоритм розпізнавання людини по її сейсмоімпульсах базується на визначенні мікроконтролером СП цих параметрів з аналізу сейсмосигналу і їх порівнянні із заданими в його пам'яті часовими інтервалами при кількості послідовно зареєстрованих імпульсів N=5. Якщо обидві виміряні величини τ_i і T_i потрапляють у вказані діапазони відповідних параметрів в кожному з п’яти послідовних імпульсів, то пристрій видає сигнал про виявлення людини. Для зменшення помилкових спрацьовувань пристрою при проникненні в зону його виявлення тварин у алгоритм виявлення на відміну від відомих пристроїв додатково вводиться часовий критерій відбору, пов'язаний з особливостями руху середніх і великих тварин. Цей критерій утворює третій інформативний класифікаційний параметр сейсмосигналів від людини, що рухається, і ґрунтується на експериментально встановленому факті, що відношення максимальної і мінімальної тривалості сейсмічного імпульсу T_{imax} / T_{imin} після п'яти послідовних імпульсів, що пройшли критерії відбору за величинами τ_i і T_i, для людини не перевищує величини 1,25, а для чотириногої тварини це відношення завжди більше 1,25. Темпоральний алгоритм виявлення людини до того ж захищає СП і від деяких інших помилкових спрацьовувань, наприклад, від разових або неперіодичних сейсмічних і наведених в ґрунті акустичних імпульсів.

Сейсмосігнали від рухомих транспортних засобів на відміну від людини мають безперервний характер, а при наближенні техніки обвідна сигналу зростає. Безперервність сигналу визначається з аналізу сейсмічним пристроєм його тривалості: при тривалості більше однієї секунди пристрій визначає сигнал як безперервний. Як ознака наближення транспортного засобу вибирається відношення U_t / U_τ - величин середнього значення обвідної сигналів в момент виявлення сигналу t = 0 і в наступний момент t = τ. Критерієм позитивного рішення вибрано співвідношення $(U_t / U_\tau)^{-1} \geq 1{,}5$. Величина τ не однозначна, вона змінюється від 0,5 с до 5 с до тих пір, поки реалізується (або не реалізується) наведене вище співвідношення. Це пов'язано з можливим розкидом швидкостей транспортного засобу, що наближується: при більшій швидкості потрібно менше часу для реалізації зазначеного співвідношення. Зазначені темпоральні ознаки закладаються в алгоритм виявлення транспортних засобів, який до того ж захищає СП від помилкових спрацьовувань при імпульсному характері сигналів.

Апробація алгоритмів виявлення відбувалася за допомогою розробленого автономного малогабаритного СП на степовому ґрунті як у відсутності, так і в присутності різних перешкод безперервного і імпульсного характеру, зокрема, великих (кінь) і середніх (коза) тварин. Вірогідність коректного виявлення пристроєм людини в присутності різних перешкод сейсмічного імпульсного характеру складала не менше 0,9. Вірогідність коректного виявлення транспортного засобу, що наближається до сейсмічного пристрою, за наявності різних перешкод складає 0,84. Використання темпоральних алгоритмів виявлення дозволило СП працювати з малим енергоспоживанням: 10 мВт в режимі розпізнавання і 0,3 мВт в режимі очікування.

Було встановлено, що для виявлення людини і транспортних засобів, що рухаються, віддаленими автономними СП можуть з успіхом використовуватися алгоритми, що побудовані на часових параметрах сейсмічних сигналів від цих об’єктів. Темпоральні алгоритми дозволяють таким СП при незначному енергоспоживанні мати значну величину вірогідності коректного виявлення рухомих об'єктів. У порівнянні із алгоритмами, які базуються на спектральних, частотно – часових і статистичних методах обробки сигналу темпоральні алгоритми значно простіше і дозволяють конструювати віддалені автономні СП з мінімальними енергетичними витратами.

PERSON AND VEHICLES DETECTION USING TEMPORAL PARAMETERS OF SEISMAL SIGNALS

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

The report proposes to use temporal parameters of seismic signals to detect a person and vehicles by remote autonomous seismic devices. To implement this and to reduce false alarms of seismic devices, when animals penetrate into their detection zone, in contrast to the known devices, a temporal selection criterion related to the motion characteristics of medium and large animals is additionally introduced into the detection algorithm for a moving person. The testing of the detection algorithms has shown that the proposed algorithms allow autonomous seismic devices to have both the insignificant power consumption and the significant value of the probability of the moving objects correct detection.

ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ БАЙЄСОВСЬКОЇ КЛАСИФІКЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ЙМОВІРНІСНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

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

Ідея байєсівської класифікації полягає в тому, що для кожного вхідного образу можна прийняти рішення на основі вибору найбільш ймовірного класу з тих, яким міг би належати даний образ. Ці задачі нелінійні, тому замість традиційних методів використовують ті, що базуються на використанні нейронних мереж. Серед переваг ймовірнісних нейронних є відсутність навчання, що дає можливість використовувати їх для ідентифікації часових рядів в режимі реального часу, отримання корисних результатів на маленьких навчальних вибірках навіть за наявності помилкових даних. Використовують данні мережі для задач прогнозування, класифікації при дослідженні об’єктів тощо [1].

Імовірнісні нейронні мережі (PNN, Probabilistic Neural Networks) відносяться до нейронних мереж з прямою передачею інформації і по архітектурі є «найближчими родичами» радіально-базисних і узагальнених регресійних мереж. Дані мережі призначені для вирішення завдань байєсівської класифікації (розпізнавання образів на основі байєсівського підходу), в основі якої лежить формула Байєса [2].Побудова нейронної мережі складається з трьох кроків: 1) нормування даних; 2) ініціалізація початкових даних нейронної мережі; 3) класифікація за допомогою моделі ймовірнісної мережі.

Імовірнісна нейронна мережа має фіксовану структуру та будується один раз по набору навчальних пар. В процесі функціонування ваги синапсів не змінюються. Для ефективної роботи PNN необхідно достатню кількість навчальних зразків (сотні тисяч зразків), в результаті чого класифікація кожного невідомого примірнику вимагає мінімальну кількість часу, як наслідок висуваються підвищені вимоги до ресурсів.

[1] Буланая Т.М., Молодець Б.В. Аналіз існуючих варіантів класифікації хворих на серцево-судинними захворюваннями за допомогою нейронними мережами. Системні технології. Дніпро 2020, С. 71 – 78.
[2] Буланая Т.М. Диагностика сердечно-сосудистой системы на основе вероятностных нейронных сетей. Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем Mpzis-2007: Міжн. наук.-практ. конф., Дніпропетровськ, 2007. – С. 31.

SOLVING THE PROBLEM OF THE BAYESIAN CLASSIFICATION BY USING A PROBABILISTIC NEURAL NETWORKS

B. Molodets, T. Bulanaya
Oles Honchar Dnipro National University
Bogdan.molodets@gmail.com

The idea of Bayesian classification assumes that it is possible to make the decision on basis of a choice of the most probable class for each input image. Probabilistic neural networks are part of neural networks with direct data transmission. Their architecture is close to architecture of radial-basis and generalized regression networks.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ FORECASTING METHOD ТА LEARNING METHOD

С. Лобода
Харківський національний університет радіоелектроніки
stanislav.loboda@nure.ua

Експертна система в тих галузях, де прийняття рішень формується в умовах неповноти даних та залежить скоріше від якісних, ніж від кількісних оцінок.. Метою роботи є дослідження методів Forecasting methods та Learning methods, щоб виявити складнощі при їх проектуванні, та виділити сфери при яких той чи інший алгоритм використовувати.

Експертна система містить знання в певній предметній області, які накопичені в ході практичної діяльності людини, і використовує їх для вирішення задач, неординарних для цієї області.

Forecasting methods - прогнозуючі системи логічно виводять вірогідні наслідки з заданих ситуацій. У прогнозуючій системі зазвичай використовується параметрична динамічна модель, в якій значення параметрів «підганяються» під задану ситуацію. Виводяться з цієї моделі, складають основу для прогнозів з ймовірними оцінками. В медицині з їхньою допомогою прогнозують перебіг хвороби при різних схемах лікування, визначаючи найкращу для конкретного хворого.

Learning methods - визначають похибки при вивченні якоїсь дисципліни, збираючи при цьому та аналізуючи дані про «слабкі місця», а потім дають необхідні пояснення та рекомендації, що визначають, які вправи потрібні для поліпшення підготовки майбутнього фахівця. Навчальні системи створюють модель того, що той, що виучується знає і як він ці знання застосовує до вирішення проблеми. Системи діагностують і вказують тому, що виучується його помилки, аналізуючи модель і будуючи плани виправлень вказаних помилок. Вони виправляють поведінку тих, що виучуються, виконуючи ці плани за допомогою безпосередніх вказівок тим, що виучується. Як приклад приведемо навчання студентів відшуканню несправностей в електричних ланцюгах.

[1] Jackson Peter. Introduction to expert systems: lane. from English: Textbook. - M .: Williams, 2001. 624 p.
[2] Belacel N. Multicriteria Assignment Method PROAFTN: Methodologies of Medical Applications // European Journal of Operational Research, 2000. 125p. 175–183.
[3] Brown R.W. Rational Choice Judgment: Decision analysis for the decider. Necks, New York 2005
[4] Будзко В.І., Белінко В.Г., Ріков А.Ц. Алгоритми обробки експертної інформації // Інформаційні технології, 2003. №10. с. 56-60.

RESEARCH OF METHODS OF EXPERT SYSTEMS FORECASTING METHOD AND LEARNING METHOD

S. Loboda
Kharkiv National University of Radio Electronics
stanislav.loboda@nure.ua

Expert system in those areas where decision-making is formed in conditions of incomplete data and depends on qualitative rather than quantitative assessments. or use another algorithm. The expert system contains knowledge in a certain subject area, which is accumulated in the course of practical human activity, and uses it to solve problems that are unusual for this area.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ДІАГНОЗУ

Н. Матвєєва, А. Павелко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
deuxe666@gmail.com

В останній час активно розвивається теорія нейронних мереж, яка знайшла застосування в економіці, медицині та промисловості.

У роботі запропоновано використовувати нейронні мережі для визначення чи є у людини діабетична ретинопатія (ДР) при цукровому діабеті 2 типу. Нейронна мережа реалізується на мові програмування Java. В якості вхідних показників беруться такі показники: вік, стаж діабету, рівень глікованого гемоглобіну, індекс маси тіла, концентрація ліпопротеїдів низької щільності в крові (ммоль/л), концентрація ліпопротеїдів високої щільності в крові , концентрація тригліцеридів в крові (ммоль/л), вміст інтерлейкіна-8 в крові хворих (пг/мл), вміст фібриногену в крові хворих (мкг/дл), рівень активності PAI - 1 в крові хворих (ОД/мл) .

Нейронна мережа навчається на показниках 128 пацієнтів. А тестування проводиться на показниках інших 46 пацієнтів.

Для функціонування нейронної мережі використовувалися функції активації, які нормалізують дані, а також фактично є логічним ядром нейрона: вони дозволяють отримати вихідні значення сигналу по вхідним. Використовувались наступні функції активації: гіперболічний тангенс:

$$f(x) = \frac{e^{2x}-1}{e^{2x}+1}; \quad (1)$$

та сігмоідна функція:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}. \quad (2)$$

Метою навчання є зниження помилки, яка відображає розбіжність між очікуваними і отриманими результатами. Помилка визначається на кожній епосі і при успішному навчанні повинна ставати меншою. Критерієм виступала середньо квадратична помилка: Mean Squared Error (MSE)

$$mse = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(t_i - a_i)^2; \quad (3)$$

Для вирішення поставленого завдання використовувався багатошаровий персептрон з 10 нейронів у вхідному шарі (за кількістю компонент вхідного вектора), прихований шар та 2 нейрони у вихідному шарі (за кількістю компонент вихідного вектора, тобто має людина діабетична ретинопатія чи ні). Для знаходження оптимальної кількості нейронів у прихованому шарі будуть проведені експерименти.

USING NEURAL NETWORKS FOR DIAGNOSIS

N. Matveeva, A. Pavelko
Oles Honchar Dnipro National University
deuxe666@gmail.com

This article considers the use of the Spring framework and the Java programming language for working with the non-relational database MongoDB.

The process of creating a neural network for the establishment of retinopathy in humans is presented.

SIEM-СИСТЕМИ: МОНІТОРИНГ ТА УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ

Ю. Сачук[1], С. Яцюк[1], Ю. Мельничук[2], М. Головін[1]
[1]Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
post@eenu.edu.ua
[2]Луцький національний технічний університет
rector@lutsk-ntu.com.ua

Проблема організації інформаційної безпеки в сучасному цифровому просторі є однією з ключових складових діяльності будь-якого підприємства. Складним завданням є визначення пріоритетних напрямів для реагування на загрози кібербезпеки, але питання захисту інформації у корпораціях, які є основою сучасного економічного розвитку, завжди залишаються на ключовою прерогативою у розробників безпечних інформаційних технологій виявлення інцидентів порушення безпеки інформації на основі аналізу журналів реєстрації подій в інформаційних системах [1]. Кількість журналів реєстрації в сучасних системах обчислюється сотнями, а кількість подій – сотнями тисяч на добу, що обумовлює необхідність застосування спеціальних автоматизованих систем для вирішення цієї задачі – так званих SIEM-систем. Враховуючи те, що на сьогодні на ринку систем захисту присутні десятки різноманітних SIEM-систем, актуальною є задача оптимального (за певними ознаками) вибору SIEM-системи і створення методики оцінки якості, що буде враховувати усі характеристики закладені у систему. До лідерів ринку SIEM-систем: системи QRadar від IBM та ArcSight від HP [1, 3]. Однак недоліком вище наведених SIEM-систем є їхня висока вартість.

Для моніторингу журналів реєстрації та виявлення інформаційних загроз на невеликих підприємствах перспективними є відкриті системи виявлення вторгнень. До таких систем належать: AAFID, Snort, Prelude SIEM, NetSTAT, Samhain, Suricata [2].

[1] Крижановський В. Г., Сергієнко С. П. Апаратно-програмні засоби захисту інформації у корпораціях: навчально-методичний посібник. Вінниця : ДонНУ імені Василя Стуса, 2019.–36 с.
[2] Tereykovsky I., Korchenko A., Parashchuk T., Pedchenko Y., Open intrusion detection systems analysis // Ukrainian Scientific Journal of Information Security. 2018. vol. 24. issue 3. P. 201-216.
[3] SIEM – Security Information and Event Management [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://amica.ua/siem-security-information-and-event-management – Загол. з екрану.

SIEM SYSTEMS: MONITORING AND SECURITY MANAGEMENT

Yu. Sachuk[1], S. Yatsyuk[1], Yu. Melnychuk[2], M. Holovin[1]
[1]Lesya Ukrainka Eastern European National University
post@eenu.edu.ua
[2]Lutsk National Technical University
rector@lutsk-ntu.com.ua

The article considers the basics of corporate information security management systems and information incident management. Examples of different types of SIEM-system are given.

РЕКОМЕНДАЦІЙНА СИСТЕМА ЩОДО ВИБОРУ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН

О. Шундрина, С. Вовк
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
oksana.shundryna@gmail.com

У сучасному інформаційному світі важливу роль починають відігравати рекомендаційні системи, які, орієнтуючись на вподобання користувача, можуть надавати бажану інформацію за його запитом. В даній роботі розглядаються питання розробки та дослідження ефективності рекомендаційної системи щодо рекреаційних зон відпочинку з урахуванням інтересів та вподобань користувача.

Фактично, рекомендаційна система – це підклас системи фільтрації інформації, яка прагне передбачити «рейтинг» або «перевагу», яку користувач надає тому чи іншому товару [1]. Формування рекомендацій засноване на певних критеріях, за якими має працювати рекомендаційна система та які будуть визначати процес фільтрації. Слід зазначити, що сукупність різних критеріїв утворює доволі складний простір ознак, який характеризує ту чи іншу рекреаційну зону. Тому вибір рекреаційної зони може полягати в поєднанні вибору критеріїв залежно від вподобань користувача.

У даній роботі аналізуються існуючі рекомендаційні системи та визначаються особливості роботи з ними. Також розглянуті рекреаційні зони міста Дніпро та створено перелік критеріїв для формування рекомендацій. В якості таких критеріїв вибору були обрані активні та пасивні види відпочинку. Також подається теоретичне підґрунтя для розробки рекомендаційних систем. Оскільки рекомендаційна система, що розглядається, спирається на інформацію про рекреаційні зони, а не про самого користувача, то для формування рекомендацій найкраще підходить фільтрація на основі вмісту. Для неї використовують ряд дискретних характеристик, щоб рекомендувати додаткові елементи зі схожими властивостями.

Для присвоювання міри важливості певному ключовому слову, що визначає обраний критерій, було використано TF-IDF алгоритм [2]. Згідно з цим алгоритмом, чим більшим є значення добутку множників TF та IDF, де множник TF (англ. Term Frequency) означає кількість разів появи заданого ключового слова в документі, а множник IDF (англ. Inverse Document Frequency) означає відношення всього числа документів до тих, які вміщують в собі задане ключове слово, тим це ключове слово є більш важливим та унікальним в контексті даного документа з певної колекції документів, і навпаки. Кожне слово, або термін, має свою відповідну оцінку TF та IDF. Добуток TF * IDF називають вагою цього слова, яка фактично є його статистичною характеристикою для заданого документа та яка звичайно визначається формулою:

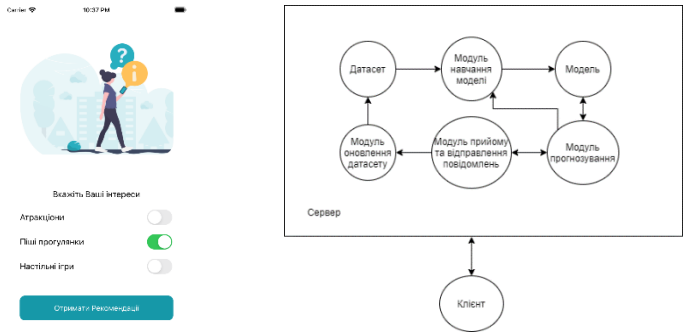
$$w_{x,y} = tf_{x,y} \times idf_x = tf_{x,y} \times \log\left(\frac{N}{df_x}\right), \quad (1)$$

де x – слово, y – документ, $tf_{x,y}$ – частота появи слова x в документі y, df_x – кількість документів, що містять слово x, N – загальна кількість документів в колекції. Таким чином, $w_{x,y}$ – це ваговий коефіцієнт критерію, який визначає ймовірність потрапляння певної рекреаційної зони в список рекомендацій.

Для спрощення процесу розробки, навчання, тестування та дослідження системи використано мову програмування Python та scikit-learn фреймворк для машинного навчання. Такий клас систем логічно розділяти на дві частини. Перша частина – сервер – займається навчанням моделі й формуванням рекомендацій (використовуючи модель, що пройшла навчання) на запит від користувача. Друга частина – клієнт – вказує

критерії, за якими користувач хоче отримати рекомендації. Оскільки серверна частина використовує Python та фреймворк для машинного навчання, то й наступні всі модулі для роботи з мережею були реалізовані з її використанням (середовище розробки Visual Code). Клієнтська частина була розроблена як додаток для мобільної операційної системи iOS, використовуючи мову програмування Swift та XCode у якості середовища розробки. Графічний інтерфейс користувача показано на рисунку 1а.

Загальна архітектура рекомендаційної системи щодо рекреаційних зон наведена на рисунку 1б. Як видно, ця система складається із чотирьох модулів, серед яких модуль прийому та відправки повідомлень є основним комунікаційним мостом між клієнтом та сервером. Саме цей модуль надає можливість приймати запити від клієнта та надсилати йому готові рекомендації. Модуль оновлення датасету працює у випадку, коли від користувача починають поступати нові дані, які він раніше не додав. І саме для того, щоб надавати йому актуальні рекомендації, потрібно оновити датасет. Після цього спрацьовує модуль навчання моделі, який виконує її повторне навчання, використовуючи оновлений датасет. Модель, яку було отримано після навчання, використовує модуль прогнозування. Він подає на вхід моделі дані, а на вихід отримує готові рекомендації. В цілому, саме модулі прогнозування та навчання визначають ефективність роботи рекомендаційної системи. У доповіді наводяться результати роботи розробленої рекомендаційної системи з вибором рекреаційних зон міста Дніпро.



а) б)

Рис. 1. а) – графічний інтерфейс користувача; б) – загальна архітектура системи

[1] Recommender system [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Recommender_system
[2] Recommender Systems with Python [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://heartbeat.fritz.ai/recommender-systems-with-python-part-i-content-based-filtering-5df4940bd831

RECOMMENDATION SYSTEM FOR SELECTION OF RECREATION AREAS

O. Shundryna, S. Vovk
Oles Honchar Dnipro National University
oksana.shundryna@gmail.com

The problem of creating a recommendation system for the selection of recreational areas is discussed. To solve this problem, the system using content-based filtering has been developed. This system allows to choose the recreation areas of Dnipro city.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПОБУДОВИ РЕКОМЕНДАЦІЙ

К. Новікова, П. Жернова
Харківський національний університет радіоелектроніки
karnovikova97@gmail.com, polina.zhernova@nure.ua

Під рекомендаційною системою можна розуміти програмний комплекс, який визначає інтереси і переваги користувача і формує пропозиції контенту відповідно до них. Такі системи змінили способи взаємодії програмних систем зі своїми користувачами. Замість надання статистичної інформації, система змінюється, підлаштовується під користувача, збільшуючи ступінь інтерактивності для розширення послуг користувачеві можливостей.[1]

Традиційна рекомендаційна система має справу з двома видами сутностей: користувач і об'єкт. Тут користувач - це одержувач рекомендації і джерело даних про переваги, а об'єкт - в залежності від предметної області - товар, фільм, музичний трек, книга, новина, вебсайт, тобто те, що пропонується користувачеві в якості рекомендації. У загальному вигляді завдання рекомендаційної системи можна сформулювати як «визначення об'єкта, раніше невідомого користувачеві (або невикористаного ним протягом будь-якого проміжку часу), але корисного чи цікавого йому в поточному контексті».

Існують різні підходи до розробки рекомендаційних систем, які можуть застосовуватися в залежності від доступних даних про користувачів і рекомендованих сутності, видів явною і неявній зворотного зв'язку від користувачів та предметної області.[2]

Можна виділити три основні типи рекомендаційних систем: фільтрація вмісту, коллаборативна фільтрація і гібридні системи.

При фільтрації вмісту створюються профілі користувачів і об'єктів. Профілі користувачів можуть включати демографічну інформацію або відповіді на певний набір питань. Профілі об'єктів можуть включати назви жанрів, імена акторів, імена виконавців тощо - в залежності від типу об'єкта. Користувачеві рекомендуються об'єкти, схожі на ті, які цей користувач уже вжив. Схожості оцінюються за ознаками вмісту об'єктів. Головними проблемами таких систем є сильна залежність від предметної області, а також той факт, що корисність рекомендацій обмежена.

При коллаборативной фільтрації використовується інформація про поведінку користувачів в минулому - наприклад, інформація про покупках або оцінках. Такі системи засновані на схожості переваг користувачів. В цьому випадку не має значення, з якими типами об'єктів ведеться робота, але при цьому можуть враховуватися неявні характеристики, які складно було б врахувати при створенні профілю. Основне припущення методу полягає в наступному: ті, хто однаково оцінювали будь-які предмети в минулому, схильні давати схожі оцінки інших предметів і в майбутньому. Прогнози складаються індивідуально для кожного користувача, хоча використовувана інформація зібрана від багатьох учасників. Основна проблема цього типу рекомендаційних систем - «холодний старт»: відсутність даних про недавно з'явилися в системі користувачів або об'єктах.[3]

Гібридні підходи поєднують коллаборативного і контентну фільтрацію, підвищуючи ефективність (і складність) рекомендаційних систем. Об'єднання результатів коллаборативной і контентної фільтрації потенційно дозволяє підвищити точність рекомендацій. Крім того, гібридний підхід може бути корисний, якщо застосування коллаборативной фільтрації починається при значній розрідженості даних.

Гібридний підхід дозволяє спочатку зважувати результати згідно контентної фільтрації, а потім зміщувати ці ваги у напрямку до коллаборативной фільтрації (в міру наповнення доступного набору даних по конкретному користувачеві).

Незважаючи на те, що існуючі системи (особливо гібридні) набули широкого поширення, в своєму традиційному вигляді вони досягли максимуму своєї ефективності, так як вичерпали можливості підходу, коли рекомендації формуються виключно на основі зафіксованих раніше оцінок і переваг користувачів. Одним із шляхів підвищення точності рекомендаційної системи є розширення переліку використовуваної при формуванні рекомендацій інформації, зокрема використання контексту.

Під контекстом можна розуміти атрибути, так чи інакше описують ситуацію, в якій користувач оцінив об'єкт або отримує рекомендації. Тобто в рамках систем можуть бути враховані 2 види контексту:

– контекст, в якому відбувається фіксація переваг користувача;

– контекст, в якому відбувається формування рекомендацій. Очевидно, що облік контексту, в якому відбувається фіксація переваг користувача, має сенс у випадку, якщо умови, в яких користувач оцінює об'єкт, істотно впливають на оцінку.

Можна виділити наступні основні види контексту, які можуть бути використані в рекомендаційних системах, в першу чергу, в мобільних:

– фізичний контекст: час, положення, вид діяльності користувача, погода, освітленість тощо;

– соціальний контекст: наявність і роль оточуючих людей;

– контекст пристрою: вид і характеристики пристрою, з якого здійснюється доступ до інформації;

– модальний контекст: настрій користувача, мета, досвід, когнітивні здібності.

Ряд дослідників, які застосували свої рекомендаційні системи на практиці відзначають, що найбільш ефективно працює система, яка використовує для побудови рекомендацій дані про поточного користувача, про поведінку всіх користувачів в цілому, про властивості рекомендованих продуктів і про контекст поточного інтересу користувача. Розглянемо варіанти використання контексту на прикладі музичних сервісів, що пропонують своїм користувачам треки для прослуховування.

1. На даний момент багато музичні ресурси вже формують свої збірки, з огляду на час доби: в залежності від часу пропонуються збірники «Ранок», «Пробіжка», «Фонова музика».

2. Додавши відстеження географічного положення користувача, сервіси рекомендують добірки «Дома», «На роботі», «За містом», «Подорож» і так далі.

3. Використовуючи інформацію про підключених пристроях (навушники або колонки), можна припустити, слухає користувач музику один або її може чути хтось ще.

4. Існує ряд розробок, які визначають за даними з акселерометра і GSM мобільного пристрою вид поточної активності користувача. Використовуючи цю інформацію, рекомендаційна система може пропонувати динамічну або, навпаки, більш спокійну музику.

Таким чином, облік контексту при формуванні пропозицій є одним з найбільш перспективних напрямків розвитку рекомендаційних систем. Використання інформації про контекст може допомогти у вирішенні проблем, характерних для більшості існуючих систем: холодного старту (при появі нового користувача виносити рекомендації можна як на основі даних про його соціально-демографічний портрет, так і про його поточний стан і виді діяльності), прогноз для нетипових користувачів (облік більшого числа індивідуальних характеристик дозволить краще персоніфікувати рекомендації), тривіальність рекомендацій, «міхур фільтрів» (облік контексту дозволить не

обмежуватися тільки минулими точками зору користувачів). Однак з урахуванням контексту в рекомендаційних системах як і раніше залишається і навіть загострюється проблема ресурсоємності обчислень.

[1] Джонс М. Т. Принципы работы рекомендательных механизмов Интернета. [Электронный ресурс]. IBM developerWorks, 2014. URL: https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/os-recommender1/.
[2] Михайловский Н. Анатомия рекомендательных сервисов. [Электронный ресурс]. Centrobit, 2013, URL: http://centrobit.ru/blog/.
[3] Koren Y., Bell R. Advances in Collaborative Filtering // In Recommender Systems Handbook. Ricci F., Rokach L., Shapira B., Kantor P.B. (eds.) Springer, 2011. P. 145-186.

RESEARCH OF METHODS FOR BUILDING RECOMMENDATIONS

K. Novikova, P. Zhernova
Kharkiv National University of Radio Electronics
karnovikova97@gmail.com, polina.zhernova@nure.ua

This article discusses three main types of recommender systems: content filtering, collaborative filtering, and hybrid systems.

When content filtering then users and objects profiles are created. User profiles may include demographic information or answers to a specific set of questions.

Collaborative filtering uses information about past user behavior - for example, information about purchases or ratings. Such systems are based on the similarity of user preferences.

Hybrid approaches combine collaborative and content filtering to increase the effectiveness (and complexity) of recommender systems. Combining the results of collaborative and content filtering potentially improves the accuracy of recommendations.

ПРО ХМАРНІ ОБЧИСЛЕННЯ В ОСВІТІ

В. Долгов, С. Попова
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
valeriy.dolgov1993@gmail.com, sofipopova10@gmail.com

Хмарні обчислення є перспективною технологією, що дозволяє централізувати управління обчислювальними ресурсами і оптимізувати їх споживання в порівнянні з традиційними схемами.

В даний час всі освітні установи опинилися в сильній залежності від ІТ-технологій, без яких вони вже не можуть ефективно побудувати освітній процес. Придбання обчислювальної техніки, програмного забезпечення (ПО) і підтримка його безперебійної роботи вимагає від освітніх закладів значних капітальних витрат і залучення кваліфікованих фахівців. Альтернативою цьому можуть стати «хмарні

обчислення» (cloud computing), завдяки економії коштів і переходу від капітальних витрат до операційних платежів за фактом надання послуги (аналогічних комунальним), ефекту горизонтального масштабування (еластичності), доступності освіти, швидкого розгортання безлічі освітніх програм і іншим характеристикам, властивим хмарним обчисленням.

Все це стає причиною поступового відходу від надання послуг ІТ в локальній мережі освітніх установ і отримання їх учнями і викладачами через Інтернет. Уже зараз освітні установи можуть отримувати їх безкоштовно або за невелику плату, при цьому часто такі послуги надаються більш доступними і надійними чином, ніж їх локальний аналог. Це означає, що в майбутньому більшість освітніх послуг надаватимуться з «хмар», і освітнім установам не доведеться утримувати обслуговуючий персонал і власну ІТ інфраструктуру з дорогим обладнанням, яке не завжди використовуються на повну потужність.

Багато західних освітніх установ вже переходять до використання хмарних обчислень. Їм була надана можливість підтримки електронної пошти для своїх учнів і викладачів. Компанії Google і Microsoft в багатьох країнах навчальним установам електронну пошту вже зараз надають безкоштовно. Крім того, вони зазвичай включають електронну пошту в більш обширний пакет сервісів, до якого учні отримують доступ. Хмарні сервіси GoogleApps for Education і Microsoft Live@edu розташовують середовища підтримки комунікацій у вигляді програм миттєвого обміну спілкуваннями поряд з адресною книгою і планувальником завдань. Освітнім установам надаються також додатки для роботи з документами, що дозволяють працювати з текстами, електронними таблицями і презентаціями. Причина, через яку ці послуги надаються навчальним установам безкоштовно полягає в тому, що для компаній постачальників (провайдерів) хмарних сервісів, які змагаються один з одним за частку призначеного для користувача ринку, в цьому є ряд переваг. Потрібно підкреслити, що освітній сектор завжди отримував програмне забезпечення на пільгових умовах. Постачальники ПО сподівалися налагодити зв'язки з установами, що готують фахівців, які користуються їх програмами. Випускник освітнього закладу, що знає про переваги конкретного ПО, може переконати свого майбутнього роботодавця вкласти кошти в «хмарні» еквіваленти ПО, що призведе до зростання доходів провайдера хмарних сервісів. Поступово освітні установи також починають використовувати низькорівневі хмарні сервіси з метою зберігання даних. Це може виявитися вигідним, якщо безпеку доступу до даних не є пріоритетом. Наприклад, якщо відео- та аудіоматеріали надаються в якості відкритих освітніх ресурсів (private cloud). Інший варіант використання хмарних сервісів, який починає поширюватися в сфері освіти, це переміщення в «хмару» систем управління навчанням (Learning Management Systems, LMS). Передача підтримки таких LMS систем як, Blackboard, Moodle і т.д., зовнішнім провайдерам має сенс для освітніх установ, які не можуть дозволити собі покупку і підтримку дорогого устаткування і програмного забезпечення.

Інертність освітніх установ і їх прагнення уникнути ризику означає, що вони, швидше за все, перемістять свої ключові навчальні сервіси в «хмару» пізніше, ніж комерційні структури. До того ж, специфічні вимоги, пов'язані з методами навчання, правилами проведення іспитів, доступом до коштів і правовими аспектами, роблять освітні програми менш придатними для міграції, ніж загальновживані сервіси. Так як швидкість доступу в Інтернет повсюдно зростає, і все більше учнів мають високошвидкісний доступ, тому стає зручнішим використовувати хмарні технології, а не обчислювальні платформи, які можна легко зламати або втратити. Попит на розвиток хмарних додатків може, таким чином, виходити від самих учнів, а не від освітніх організацій.

В доповіді аналізуються шляхи щодо впровадження сучасних ІТ-технологій, а саме хмарних технологій для організації більш зручного начального процесу та оптимізації роботи у навчальних групах. Таким чином попит на впровадження хмарних технологій спонукає студенів до сприйняття технологій з якими їм доведеться зіштовхнутися під час майбутнього працевлаштування.

[1] Peter Mell, Timothy Grance, The NIST Definition of Cloud Computing, 2011, http://docs.ismgcorp.com/files/external/Draft-SP-800-145_cloud-definition.pdf
[2] A. Berryman, P. Calyam, A. Lai, and M. Honigford. VDBench: A Benchmarking Toolkit for Thin-client based Virtual Desktop Environments., In Proc. of IEEE CloudCom, 2010

ABOUT CLOUD COMPUTING IN EDUCATION

V. Dolgov, S. Popova
Oles Honchar Dnipro National University
valeriy.dolgov1993@gmail.com, sofipopova10@gmail.com

The problems of acquisition of computer equipment, software and support of its uninterrupted work in educational institutions are investigated. The specific environment forces us to apply special approaches to solving the problem. Cloud computing can be an alternative. The possibilities of educational institutions to use cloud technologies are discussed and possible ways to optimize the work between students and teachers are identified.

DELIVERY INFORMATION SYSTEM BASED ON JAVASCRIPT-FRAMEWORK REACT

A. Shcherbyna, N. Sokolova
Oles Honchar Dnipro National University
shcherbyna.anastasia.12@gmail.com, n.olegowna@gmail.com

The coronavirus pandemic, leaving no buyers for traditional trade, is a strong impetus for the development of business on the Internet. This trend can be considered as an example of food delivery market in Ukraine.

One of the main factors that have contributed to its development was the massive penetration of the Internet in everyday life of Ukrainians. On results of 2019 the share of Internet users rose to 71% among the population of Ukraine (22.96 million people.) In comparison with 30% of Internet users in 2010.

Operators point out that about 15-20% of users are regular clients of delivery services, which is about 5 million. The main users are the younger generation under the age of 30.

The following formats are delivering food can be distinguished in Ukraine:

- food delivery from cafes / restaurants (the most popular);
- delivery of products from retail stores (Fozzy, NOVUS, METRO, Auchan, Megamarket);
- food delivery services (the largest: eda.ua, Crew Service, Food Express, Royal Service, Smachnogo.ua, zakaz.ua);

- healthy food delivery services (features: a complex for a week and a special menu);
- delivery of products from "farm shops" and stores with "eco" products;
- adjacent segments (combining several above) [1].

Thus, the creation of new delivery information systems is an actual and perspective direction.

In the construction of an information system, a framework should be based on actual conditions, opportunities and needs of users.

JavaScript frameworks are tools for building dynamic web / mobile / desktop applications in JavaScript language. Most popular to use: React, Angular, Vue. Each of the frameworks has its own advantages and disadvantages, the analysis of which allows the developer to choose the best option for a specific project.

Companies using React: Facebook, Instagram, Netflix, New York Times, Yahoo, Khan Academy, Whatsapp, Codecademy, Dropbox, Airbnb, Asana, Atlassian, Intercom, Microsoft, Slack, Storybook and many more [2].

For the development of the delivery information system, the JavaScript-framework React was chosen.

So the following advantages React were used to implement the project:

• A unique feature of the Virtual DOM, which allows you to re-render only the desired part of the page, which significantly saves time (picture 1).

• Data binding is one-sided, which means a reduction of unwanted side effects.

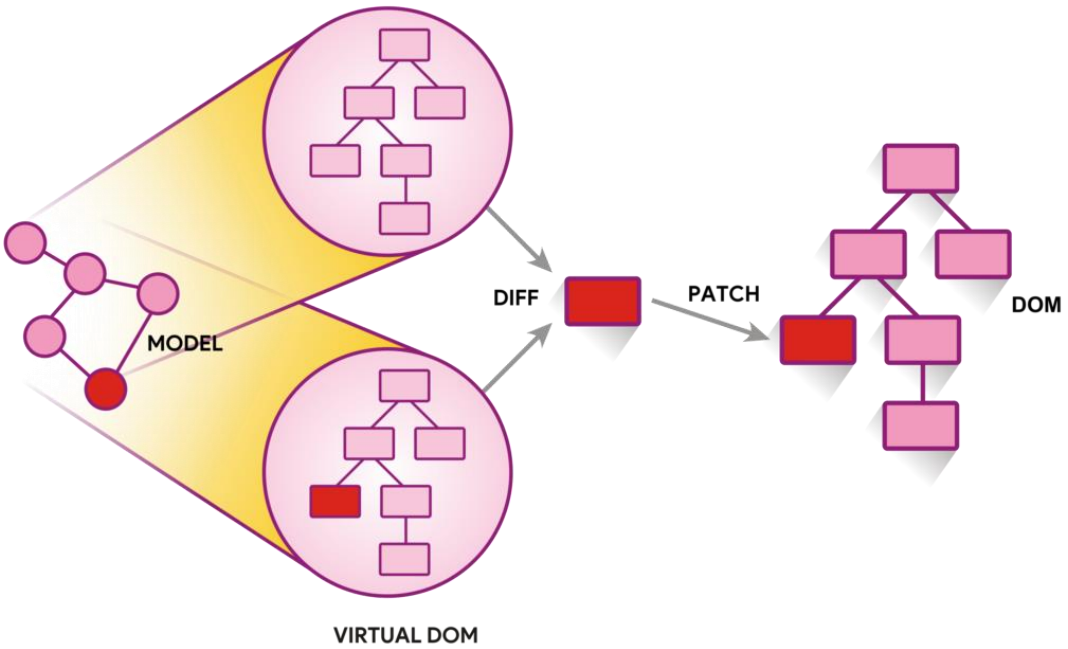
• Implements functional programming (FP) concepts, creating easy-to-test and reusable code.

• High level of flexibility and maximum responsiveness.

• Combined with ES6 / 7, React can handle high loads easily.

• Data that is executed on the user side can easily be presented on the server side at the same time, which provides minimal "weight".

• An open source JavaScript library that receives many daily updates and improvements based on feedback from developers around the world. At the same time, this is also a drawback of this framework [3].



Picture 1. Virtual DOM

Analysis React disadvantages showed that the core is a complete absence of official documents, due to the openess code. As such, developing the delivery information system can take extra time to learn the latest versions of React.

The components of the Information system will be a web application for the user and an administrative panel for moderators. The project provides for the integration of the server and the API, the payment system, the range of goods, maps and geolocation.

The delivery information system is under development as a desktop application with the subsequent implementation of a mobile version.

[1] Overview of the food delivery market in Ukraine [Electronic resource]. Access mode: https://inventure.com.ua/analytics/investments/obzor-rynka-dostavki-produktov-ukrainy
[2] React vs Angular vs Vue.js - What to choose in 2020? [Electronic resource]. Access mode: https://medium.com/techmagic/reactjs-vs-angular5-vs-vue-js-what-to-choose-in-2018-b91e028fa91d
[3] React vs. Angular vs. Vue.js - Which Should You Choose? [Electronic resource]. Access mode: https://habr.com/ru/post/476312/

ДИНАМІЧНА СИМУЛЯЦІЯ НАЙКРАЩОГО ПОКРИТТЯ БЕЗДРОТОВОЇ МЕРЕЖІ В AUTODESK® REVIT®

Д. Шовгеля, Н. Соколова
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dshovhelia@gmail.com, n.olegowna@gmail.com

Велика кількість бездротових мереж розміщується сьогодні всередині будівель. Проектування таких мереж і оптимальне розміщення точок бездротового доступу - складне завдання, оскільки необхідно враховувати багатопроменеве поширення сигналів, безліч перешкод і поглинаючих об'єктів, які зустрічаються на їх шляху, який постійно змінюється характер заповнення приміщень і т.д. Одним з ключових моментів планування бездротових мереж всередині будівель є вибір моделі поширення електромагнітних хвиль.

Є багато факторів, які залежать як від технічної, так і від комерційної бази, що робить покриття в приміщенні справді важливим. Деякі з них, полягають у збільшенні пропускної здатності, щоб зменшити навантаження мережі на існуючу макро-відкриту мережу. Внутрішнє середовище схильне до перешкод. Внаслідок відбиття, заломлення та розсіювання радіохвиль структурами всередині будівлі переданий сигнал найчастіше досягає приймача більш ніж одним шляхом, що призводить до явища, відомого як багатопроменеве згасання. Насправді вищезазначені факти важливі, але перед тим, як розгортати будь-яку внутрішню мережу, дуже важливо, ретельно оцінити будівлю, який тип розгортання є можливим, і яка повинна бути вартість на користувача тощо. Ці фактори враховуються в оцінці бізнесу. Зазвичай такий тип оцінки проводиться із застосуванням стандартних інструментів, шаблонів та показників для того, щоб забезпечити дійсний аналогічний бізнес-кейс [1].

Важливим завданням є здатність точно прогнозувати рівень сигналу (RSSI) на ймовірне місцезнаходження бездротової станції. Типовий підхід для розробки моделі

прогнозування полягає в проведенні вимірювальних заходів в конкретному середовищі поширення радіосигналу. Потім, провівши відповідний аналіз даних вимірювань, можлива розробка моделі поширення радіохвиль. Точне передбачення потужності прийнятого сигналу може компенсувати проблеми поганий зони обслуговування мережі і забезпечити прийнятну якість обслуговування, наприклад, для мережі Wi-Fi всередині приміщень.

На практиці досить складно моделювати потужність прийнятого сигналу через випадкових характеристик бездротового каналу, який може змінюватися як у часі, так і в просторі [2].

Серед алгоритмів вирішення даного завдання найкращим є використання хвилевої моделі поширення сигналів, згідно якої, середня щільність потоку потужності ПК, що йде в k-ту стінку, що обмежує задане приміщення, обчислюється за формулою:

$$\frac{\Pi_k}{P_t} = \frac{\Delta_k}{\sum_{l=1}^{6} \bar{S}_l}, \quad (1)$$

де P_t — потужність передатчика; Δ_k — глибина проникнення поля у матеріал k-ї стіни; $\bar{S}_l = S_l \cdot \Delta_l$ — наведена площа l-й стіни.

Глибину проникнення поля Δk в матеріал k-ї стінки можна експериментально визначити за формулою:

$$\Delta_k = \frac{8{,}7 \cdot d_k}{L_k}, \quad (2)$$

де d_k — ширина стіни (см); L_k — втрати поширення сигналу в стінці (дБ).

Експериментальне дослідження типових моделей [3], що було розглянуте, проведено за планом, представленим на Рис. 1, результати якого наведено у таблиці 1.

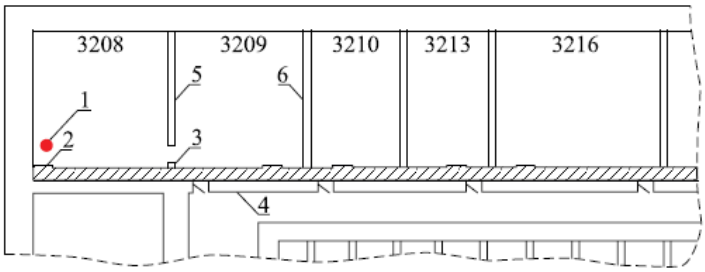


Рис. 1. План досліджуваних аудиторій: 1 — передатчик сигналу бездротової мережі; 2 — витяжки; 3 — дверний отвір; 4 — несуща стіна; 5 — стіна (0,2 м) між аудиторіями 3208 и 3209; 6 — стіни між іншими аудиторіями (0,6 м)

Таблиця 1 – Результати розрахунку поширення Wi-Fi сигналу для різних моделей

Аудиторія	Потужність, дБм				
	Розрахунок з використанням моделі				Вимір
	Модель Path Loss	Модель COST231	Модель ITUR P1238	Модель WINNER II	
3208	-67	-50	-49	-54	-55
3210	-72	-56	-58	-73	-60
3213	-76	-59	-66	-77	-66
3216	-79	-63	-74	-80	-72

У конкретних моделях для конкретного місця використання чисельних методів, таких як трасування променів (RT), досить добре для обробки складного радіопоширення. При розповсюдженні радіостанцій у приміщеннях RT є найбільш перспективною технологією для забезпечення точних результатів моделювання. Щоб

мінімізувати обчислювальне навантаження специфічних для цих методів, оптимізують кількість променів, використовуючи запропонований розумний метод RT [4].

Висновки. Результати аналізу класичних моделей розрахунку розповсюдження радіохвиль, враховуючи їх переваги та недоліки, були використані при розробці додатку динамічної симуляції Wi-Fi мережі усередині будівель в середовищі інженерного проектування Autodesk® Revit®, який з певною точністю визначає енергетичні характеристики поширення сигналів і максимально повно описує, динамічно враховує вихідні для розрахунків дані.

[1] Tam W. K. Propagation modelling for indoor wireless communication / W. K. Tam, V. N. Tran. // IEEE. – 2015. – С. 221–228.
[2] Investigation of three-dimensional empirical indoor path loss models for femtocell networks / A. Zyoud, J. Chebil, M. H. Habaebi, Md R. Islam, A. K. Lwas // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [Web]. 2013. Vol. 53: 5th International Conference on Mechatronics (ICOM'13; Kuala Lumpur, Malaysia; 2—4 July 2013). 10 p.
[3] Шошин А. М. Моделирование характеристик распространения радиоволн в беспроводных сетях внутри зданий / А. М. Шошин, Т. Тхурай. // Проектирование и моделирование электронных устройств и систем управления. – 2016. – С. 55–62.
[4] A Smart 3D RT Method: Indoor Radio Wave Propagation Modelling / [H. Ferdous, K. Tan, A. Tharek та ін.]. // MDPI. – 2019. – №11.

DYNAMIC SIMULATION OF THE BEST WIRELESS NETWORK COVERAGE IN THE AUTODESK® REVIT®

N. Sokolova, D. Shovhelia
Oles Honchar Dnipro National University
dshovhelia@gmail.com, n.olegowna@gmail.com

In the thesis, the most well-known mathematical models applicable to calculating the propagation of a Wi-Fi signal were considered. The importance of dynamic pavement simulation and its role in building architecture was identified.

РОЗРОБКА ВИСОКОНАВАНТАЖЕНОЇ КАТ-СЦЕНИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ІГРОВОГО ПЗ

В. Шипков, М. Розум
Одеський національний морський університет
kyklovod98@gmail.com

Вступ. В наш час існує безліч засобів і програм для розробки ігор. У індустрії є цілі десятиліття досвіду - напевно ж вони не пройшли дарма, напевно процеси давно налагоджені, а ефективні рішення знайдені [1]? Так, на справді, одні додатки запропонують базовий набір опцій по створенню простих 2D-іграшок без знання програмування. Інші - забезпечать потужним функціоналом для реалізації будь-яких

ідей, пов'язаних з моделюванням 3D-графіки, а також тонким налаштуванням поведінки об'єктів, анімаційних ефектів, зовнішнього вигляду локацій і багато іншого.

Відеоігри стали невід'ємною частиною сучасної культури, та популярною формою дозвілля у всьому світі. Галузь розробки відеоігор стрімко розвивається, світовий ринок комп'ютерних ігор оцінюють в сотні мільярдів доларів. Ігрові рушії і компанії по їх розробці частіше починають брати участь в дослідженнях і відкриттів в інших сферах, таких як навчання в учбових закладах, розробку штучного інтелекту, оптимізації та якості створення ПО, прототипування різношерстих процесів і ситуацій як в технічному руслі, так і в соціальному, наприклад в військовій та медичній сфері, а також максимально тісно з 2020 року в машинобудуванні.

Дослідження даної теми має сенс на сам перед тому, що на сьогоднішній день немає достовірної, об'єктивно зваженої інформації та детального опису переваг та недоліків ігрових рушіїв. В мережі інтернет можливо знайти дуже загальну інформацію, яка не закріплена ніякою статистикою чи аналізом за якимось факторами роботи з ПЗ даного типу, а якщо і є, то ці дані дуже застарілі та не несуть користі якщо сучасні розробники хочуть розібратися в темі перед тим як досягнути поставлених цілей, не залежно від рушія.

Наша мета в даній роботі, дослідити найкращі рішення в створенні відео ігор на 2020 рік, взяти до уваги всі етапи життя продукту та його оточення. Розглядаємо два рушія від гігантів на світовому ринку в ігровій індустрії Unity 2020 і Unreal Engine 4. Unity зроблений, щоб дати вам можливість для створення кращих інтерактивних розваг або мультимедіа[2]. Unreal Engine - це найвідкритіший і вдосконалений у світі інструмент створення 3D у реальному часі[3]. Дослідження проводиться за багатьма факторами, по перше за загальними, такими як:

- доступність рушія для комерційного та не комерційного використання, а також політику використання;
- зручність розробки в редакторі;
- на скільки корисна та повна технічна документація.

По друге за технічними характеристиками, такими як:

- стек наданих користувачу можливостей «з коробки»;
- переваги та недоліки вбудованих інструментів та бібліотек;
- оптимізацію обробки графіки та фізики;
- надання статистики з приводу використання ресурсів комп'ютера під час розробки в редакторі;
- використання ресурсів пристрою на якому встановлено готовий проект зроблений на рушії.

Для того, щоб провести дослідження за вище вказаними пунктами, розроблено два проекти в обох рушіях, та проведено тестування на різних пристроях. Робота полягає в тому, щоб зробити навантажену локацію, яка буде складена з об'єктів взятих з зовнішнього незацікавленого джерела. Локація включає в себе велику кількість дрібних об'єктів таких як, предмети оточення, та значних за розмірами, наприклад будинками та іншою архітектурою. Для підвищення складності локації і проведення справедливого тестування, додано анімацію та particle-ефекти. Преміум 3D-ресурси які використовуються для фільмів та відеоігор взято у постачальник kitbash3d, для того щоб імпортувати абсолютно однакові об'єкти високої якості в обидва рушія. Огляд локації для монтування відео реалізовано заскриптованою камерою яка облітає локацію за вказаною траєкторією.

Висновки. Результати проведеного дослідження свідчать про те, що для вирішення різних проблем рушії показують себе по різному, з хорошої так і поганої сторони, тому перед розробкою проекту треба визначити цілі, тип та платформи на яких

він буде працювати. Для більш простих, гнучких, мобільних рішень, найдоцільніше використовувати Unity завдяки його простоті та доступності. Якщо потрібен великий комерційний проект з високою якістю фізики і ресурсами пристрою можна зневажити, то доцільніше використовувати Unreal. Також слід враховувати що рушії можуть по різному поводити себе з шейдерами та оптимізацією процесів.

[1] Шрейер Дж. Кровь, пот и пиксели. Обратная сторона индустрии видеоигр. Эксмо (2019) 368с.
[2] Руководство Unity [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.unity3d.com/ru/530/Manual/
[3] Unreal Engine 4 Documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.unrealengine.com/en-US/index.html

DEVELOPMENT OF A HIGHLY LOADED CUT SCENE FOR THE RESEARCH OF GAME SOFTWARE

V. Shypkov, M. Rozum
Odessa National Maritime University
kyklovod98@gmail.com

The development of projects on the engines of Unity 2020 and Unreal Engine 4, namely the location with a large number of objects allowed to conduct research that shows that to solve various problems, the engines show themselves in different ways, for better or for worse, so before project development should determine the objectives, type and platform on which it will work.

The conclusions of the detailed analysis were obtained by comparing the statistics collected from the engines throughout the life of the projects and the ease of use of the engines during operation. Therefore, it can be stated that the study was conducted fairly and in full.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ ТА ХМАРНОГО СЕРВІСУ AZURE ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ СКЛАДНИХ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

О. Жуков
Запорізький національний університет
znu@znu.edu.ua

Вступ. В процесі роботи з складними біологічними системами, фермерам потрібно знати актуальну інформацію про середовища, в яких ці біологічні системи знаходяться, стан окремої одиниці біологічної системи, та кількість елементів у цій біологічній системі. Фермери можуть зібрати фото-та відео- матеріали біологічної системи, але виникає питання щодо аналізу цих матеріалів. У цьому можуть допомогти нейронні мережі. На сьогоднішній день є велика кількість хмарних сервісів, що дозволяють робити аналіз фотоматеріалів та відеоматеріалів, а також існує велика

кількість нейромережевих алгоритмів для розпізнавання об’єктів. Для вирішення задачі було обрано хмарний сервіс Azure та його інструмент Custom Vision.

Метою роботи є дослідження існуючих систем розпізнавання об’єктів, та доречність їх використання у контексті складних біологічних систем та методика підготовки об'єктів до навчання.

Основний матеріал. В якості вхідних даних моделі використовувалися 15 фотографій бджіл з вулика, які були початково оброблені. В якості базової методики обробки зображень використовувалось виділення зон на зображенні, що містять окремо повністю (якщо це дозволяє зображення) кожну бджолу. В таблиці 1 приведено характеристики згенерованої моделі при коефіцієнті порогу ймовірності 0,5 та коефіцієнті порогу перекриття 0,3 .

табл. 1: Характеристики тренованої моделі

Precision	87.9%
Recall	75.3%
mAP	88.6%

Розроблена модель була протестована на тестовому зображенні бджіл, що не входило до набору зображень, на якому модель була тренована.

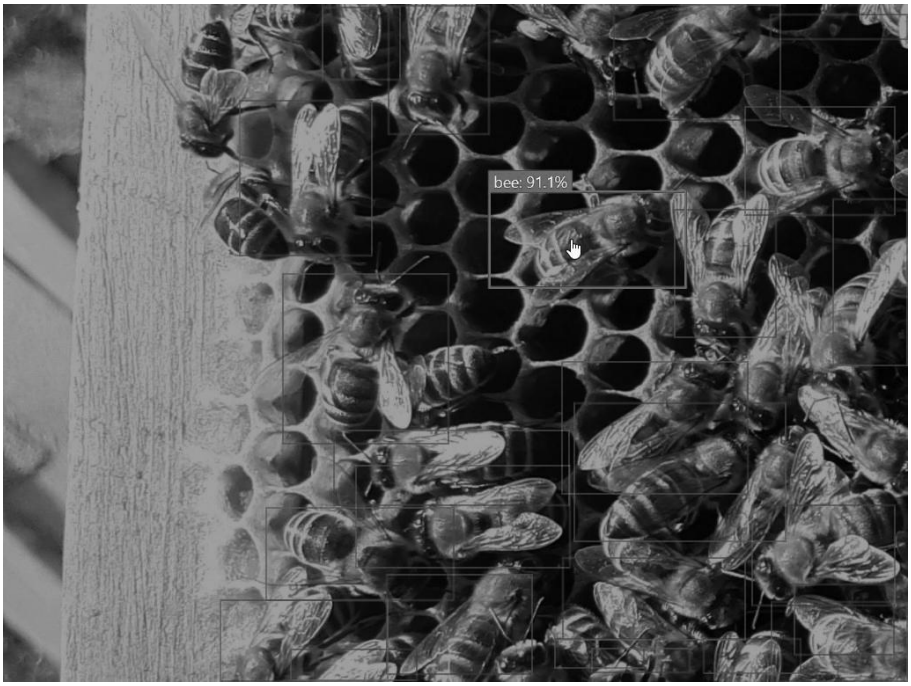


Рис.1: Тестове зображення з передбаченими моделлю зонами, що містять бджіл

На рисунку 1 показано, що згенерована модель правильно передбачила 24 з 32 зон з бджолами при пороговому значенні впевненості нейронної мережі 20%. Можна припустити, що результуюча точність моделі, тренованої на 15 фотографіях бджіл, приблизно дорівнює 75%. Також, середнє значення впевненості передбачень у тридцяти двох зонах дорівнює 46.5%.

Висновки. Проведено дослідження хмарного сервісу Amazon в області розпізнавання об’єктів складної біологічної системи.

Було розроблено базову методику для розпізнавання на зображенні елементів складних біологічних систем на прикладі бджіл, та проведено аналіз передбачень тренованої моделі та її характеристик.

USE OF NEURAL NETWORKS AND AZURE CLOUD SERVICE FOR IDENTIFICATION OF ELEMENTS OF COMPLEX BIOLOGICAL SYSTEMS

O. Zhukov
Zaporizhzhia National University
znu@znu.edu.ua

To recognize the elements of the complex biological system, *Azure* cloud service and its instrument called *Computer Vision* were used. The photos of bees were taken as a data source for the model. As a result of a neural network training based on the set consisting of 15 bees' photographies, the model was able to recognize 75% of the bees in the test picture with a probability threshold value of 20%.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРОБКИ БЕЗПЕЧНИХ МЕНЕДЖЕРІВ ПАРОЛЕЙ

В. Якубов, О. Дерев'янко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
yakubov_vv@ffeks.dnu.edu.ua

Безпечне зберігання паролів є одним з актуальних і затребуваних завдань у Інтернет-просторі. У багатьох користувачів я є декілька різних онлайн-сервісів, які потрібні у повсякденному житті. Свої налаштування та різного роду інформація прив'язані до кожного аккаунту певної людини. Захистити пароль від аккаунту – означає захистити ту інформацію, яка не повинна попасти в чужі руки.

Менеджери паролів – це програми, які створюються для захисту та збереження паролів користувача, тому важливо створити менеджер паролів, який неможливо зламати, окрім перебору майстер-пароля або знання певної інформації (шматок початкового тексту, шматок майстра-пароля або наведення на нього, знання об алгоритмі шифрування). Менеджер паролів повинен бути оснащений генератором паролів, який створюватиме неповторювані паролі. Тимчасові паролі також є одним із функцій менеджеру паролів. Вони представляють собою створені в певний проміжок часу нові паролі зі обмеженим терміном життя, по закінченню терміну життя їх змінює новий пароль. Також немалу роль грає сам майстер-пароль, найкращим варіантом буде, якщо він буде займати більше ніж 64 біта. Оскільки процесори 64-бітні, то майстер-пароль з нижчою кількістю біт буде легше зламати методом перебору. Тому головним в розробці програми є використання надійного алгоритму крипостійкості генерації ключів.

Для вирішення цієї проблеми найкраще розглядувати експоненціальні алгоритми, а не лінійні, квадратичні та кубічні. Також потрібно використовувати ті алгоритми, які не були зламані і результат злому оприлюднено.

Детально слід розглянути тему блокових та поточних алгоритмів шифрування. Вони є представниками симетричного шифру, де використовується один ключ, як для шифрування, так і для дешифрування. Блочні – оброблюють інформацію блоками певної довжини, поточні – проводять шифрування над кожним бітом, використовуючи гамування. Головним критерієм в цих алгоритмах виступає ключ, тому слід вибирати такі алгоритми, де ключ буде більше 64-біт. Наприклад, AES/Rijndael, XSalsa20, ChaCha20.

Алгоритм DES представляє блочний шифр, який обробляє дані 64-бітовими блоками. Тобто вводиться 64-бітний блок відкритого тексту, а на виході отримується 64-бітний блок шифротексту. Ключ представлено 64-бітним числом, но кожний восьмий біт використовується для перевірки парності та ігнорується, тому реальна довжина ключа складає 56 біт. На початку блок поділяється на дві частини по 32-біти. Алгоритм представляє собою комбінування двох основних методів шифрування: зміщення та дифузія. Важливим в алгоритмі є застосування к тексту одиничної комбінації цих методів (перестановка, а за нею – перестановка), залежної від ключа. DES складається з 16 етапів, однакова комбінація методів застосовується к відкритому тексту 16 разів. Після шістнадцятого етапу обидві половини блоку даних об’єднуються і алгоритм завершується кінцевою перестановкою. Для дешифрування використовується той же алгоритм, з різницею в тому, що порядок ключів повинен використовуватися в зворотному порядку. Криптостійкість цього алгоритму залежить від ключів, які використовуються, тому бажано не використовувати слабкі та частково слабі ключі. В основі їх створення покладено вектори, які складаються з 28 нульових або з 28 одиничних бітів.

Із-за невеликої кількості можливих ключів, тобто 2^{56} варіантів, з’являється можливість їх повного перебору на швидкій машині. В 1998 році Electronic Frontier Foundation, використовуючи спеціальний комп’ютер DES-Cracker, зламали DES за 3 дня. Для того, щоб посилити криптостійкість можна використовувати різні модифікації алгоритмів, такі як 3DES, DESX. В першому випадку відбувається виконання DES тричі, де використовується набір з різних паролів, а в другому збільшення довжини ключа до 184 бітів, але при атаці на основі адаптивно підібраного відкритого тексту довжина може впасти до 88 біт. Тому в 2002 році був прийнятий як стандарт, алгоритм AES. Із суттєвих змін, слід зазначити, що довжина блоку стала 128 біт, а довжина ключа стала 128.

[1] Брюс Шнайер. Прикладная криптография. 2-е издание. Протоколы, алгоритмы и исходные тексты на языке С.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF DEVELOPING SECURE PASSWORD MANAGERS

V. Yakubov, O. Derev'yanko
Oles Honchar Dnipro National University
yakubov_vv@ffeks.dnu.edu.ua

Secure password storage is one of the most important and popular tasks in the Internet space. Many users have at least a few different online services that they need in their daily lives. Your settings and various types of information are linked to each person's account. Protect the password from the account - means to protect the information that a person needs and should not fall into the wrong hands.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА АНАЛІЗУ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ВИРОБНИЧИМ ПЕРСОНАЛОМ (НА ПРИКЛАДІ ГІРНИЧОДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА)

О. Дмитрієв
Харківський національний університет радіоелектроніки
oleksandr.dmytriiev@nure.ua

Для ефективного зберігання та подальшої оцінки якості звітності про виконання завдань недостатньо просто зберігати звіти у файловій системі серверу підприємства, хмарному сховищі або у вигляді фізичних документів. Впровадження автоматизованого процесу оцінки якості звітності дасть змогу швидко виявляти проблемні підрозділи або види робіт підприємства та запроваджувати відповідні заходи з вирішення проблем.

Мето роботи полягає у розробці системи зберігання та аналізу якості звітної інформації про виконання завдань виробничим персоналом, що надасть змогу зберігати звіти у структурі, відповідній структурі підприємства, задавати критерії якості звітів для кожного окремого виду робіт та враховувати усі можливі особливості взаємозв'язку між підрозділами підприємства, видами виконуваних робіт та критеріями до звітності з виконання завдань.

Розроблювана система складається з двох частин: зберігання звітності та аналізу якості звітності.

Для зберігання звітності буде створено відповідну структуру бази даних, що буде враховувати особливості структури підприємства та взаємозв'язків між елементами структури й критеріями якості звітності. Також база даних матиме можливість зберігати та модифікувати критерії якості звітності.

Аналіз якості звітності буде проводитися за двома критеріями: своєчасність складання звіту та повнота звіту, тобто наявність у звіті усіх необхідних файлів. Ці два критерії було визначено під час аналізу документообігу гірничодобувних підприємств, описаного у роботах[1-2].

Для реалізації методу буде використано наступні технології:

а) Windows Presentation Foundation (WPF) – система для створення та відображення клієнтських додатків у платформі .Net.

б) Transact-SQL – процедурне розширення мови SQL, створене для проектування та розробки баз даних для Microsoft SQL Server.

в) Microsoft SQL Server – система керування реляційними базами даних.

Реалізація системи буде інтегрована до програмного продукту Mine Advisor, розробленого компанією Sight-Power Ukraine, яка спеціалізується на створенні програмного забезпечення для гірничодобувних підприємств. Цей програмний продукт має розвинену інфраструктуру, у тому числі власну реалізацію сховища файлів, та великий набір базових інструментів, як то сторінки підключення до бази даних й система реєстрації додаткових інструментів та їх включення до інтерфейсу користувача.

[1] Должніков П.Н., Величко Н.М., Должникова А.П. Основы экономики и управления горным предприятием. учебное пособие. Донецьк: «Норд-пресс». (2009). 200 с.
[2] Лук'янов В.Г., Панкратов А.В., Шмуригін В.А. Технология проведения горно-разведочных выработок: учебник. Томск: Вид-во Томського політехнічного університету. (2011). 550с. ISBN 978-5-98298-574-3.
[3] Мак-Дональд М. WPF 4: Windows Presentation Foundation в .NET 4.0 с примерами на C# 2010 для профессионалов. Москва: ООО «И.Д. Вильямс». (2011). 1024с.

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR STORAGE AND QUALITY ASSESSMENT OF REPORTING ON ASSIGNMENTS PRODUCTION STAFF (ON THE EXAMPLE OF A MINING ENTERPRISE)

O. Dmytriiev
Kharkiv National University of Radio Electronics
oleksandr.dmytriiev@nure.ua

Today, mining industry is a growing industry. Many companies in this industry are in the process of looking for new, more efficient and cost-effective solutions. The purpose of my development is to create a method of storage and quality assessment of reporting that will help increase the efficiency of personnel and enterprise.

The system will take into account the peculiarities of the structure of the enterprise and the relationship between them. It will also make it possible to customize the criteria for the execution of tasks in accordance with the type of work that needs to be done.

ВИКОРИСТАННЯ АСОЦІАТИВНИХ ПРАВИЛ ДЛЯ АНАЛІЗУ КОШИКА ПОКУПОК МАГАЗИНУ КВІТІВ

Н. Шубіна
Харківський національний університет радіоелектроніки
nataliia.shubina@nure.ua

За останні роки знизилась вартість збереження даних, в зв’язку з чим значно зросли об’єми інформації, що зберігаються та експоненціально зростають. В випадках, коли відбувається значний надлишок даних існує великий дефіцит інформації та знань, що зберігаються в «сирих» та необроблених даних. Саме в таких масивах містяться знання. В даній роботі розглядається використання асоціативних правил для виявлення знань на прикладі інтернет-магазину квітів.

Знання неможливо виявити в величезних об’ємах даних завдяки одним лише людським зусиллям. Надлишок даних значно перевищує зусилля людини направлені на їх аналіз. Для пошуку «прихованих» знань в базі даних інтернет-магазину квітів застосовуються спеціальні методи автоматичного аналізу. Вони допомагають добувати знання з «завалів» інформації. Це направлення називається Data Mining.

Data Mining – це процес пошуку нових, раніше не відомих не тривіальних даних, що є практично корисними та доступними для розуміння людиною, щоб приймати рішення в різних сферах людської діяльності [1]. Інструменти Data Mining використовуються в різних сферах людської діяльності. До найбільш поширених частіше всього відносять інтернет-магазини (наприклад, інтернет-магазин квітів, одягу), пошукові системи, телекомунікації.

Одним з найбільш популярних методів інтелектуального аналізу даних є метод пошуку асоціативних правил. Цей метод призначений для виявлення закономірностей

між пов'язаними фактами та подіями, інформація про які зберігається в базі даних [2]. Наприклад, між святом міжнародного жіночого дня та високого попиту на червоні тюльпани в цей день.

Асоціативні правила вперше були застосовані для аналізу ринкового кошика. Ринковий кошик - це набір товарів, придбаних покупцем в рамках однієї окремо взятої транзакції. В одну транзакцію може входити декілька видів квітів чи букетів. На підставі великої кількості транзакцій і відбувається дослідження поведінки клієнта.

Аналіз ринкового кошика – це процес пошуку найбільш типових шаблонів покупок. За допомогою отриманих результатів аналізу ринкового кошика, можна виконати оптимізацію асортименту товарів та збільшувати об'єми продаж [3]. Наприклад, за допомогою аналізу шаблонів ринкових кошиків, можна визначити в якому місяці які квіти являються найбільш популярними та замовити їх більшу кількість.

На основі ретроспективних запитів користувача визначається профіль його інтересів, його вподобання та історії покупок. Товари, що знаходяться в кошику користувача здатні впливати на ймовірність появи й інших товарів чи комбінацій. При замовленні букету троянд, система може запропонувати замовити також цукерки чи м'які іграшки.

Одним з алгоритмів, що вирішують завдання аналізу ринкового кошика є алгоритм Apriori. Він представляє собою масштабований алгоритм пошуку асоціативних правил. Алгоритм підходить для знаходження асоціативних правил, оскільки для обробки гіга-, та навіть терабайт даних здатний вирішувати задачу за прийнятний час.

Для оцінки корисності та продуктивності правил, що перебираються – використовуються різні частотні критерії, що аналізують появу елемента в масиві експериментальних даних. Найважливішими з них є підтримка (support) та достовірність (confidence). Експерт визначає значення цих параметрів правил.

Достовірність – це показник ймовірності того, що з наявності в певному випадку умовної частини правила слід наявність його заключної частини. Підтримка – це коли правило справедливо для s% випадків, взятих в аналіз.

Завдяки алгоритмам пошуку асоціативних правил відбираються ті кандидати, у котрих підтримка й достовірність вища певних, наперед заданих, порогів.

Система, котра розробляється, з використанням асоціативних правил буде враховувати несумісність деяких видів квітів та їх кольорів. Розроблений метод, оснований на алгоритмі Apriory враховує такі «несумісні комбінації» та не допускає можливості комбінувати ці квіти, щоб запропонувати їх користувачам. Наприклад, як запропонувати до дикої орхідеї насіння кактусу чи сезонні квіти.

Асоціативні правила, на сьогодні, являються одним з найпопулярніших інструментів аналізу ринкового кошику. З їх допомогою ефективно обробляються великі обсяги даних та знаходиться необхідна інформація на основі реальної статистики товарів, що були придбані. Крім того, виявляються тренди продажів, розробляти більш ефективні маркетингові кампаніії, точніше передбачуються клієнтські потреби.

[1] Сущенко С. П. Введение в интеллектуальный анализ данных / С. П. Сущенко, Л. Г. Гагарина. // Издательский Дом Томского государственного университета. – 2016. – С. 120.

[2] Методы поиска ассоциативных правил [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:https://intuit.ru/studies/professional_skill_improvements/1210/courses/6/lecture/186?page=1.

[3] Анализ потребительской корзины: как исследовать и интерпретировать покупательский спрос [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://adindex.ru/publication/tools/2016/11/1/155746.html.

USE OF ASSOCIATIVE RULES FOR ANALYSIS OF THE FLOWER STORE SHOPPING CART

N. Shubina
Kharkiv National University of Radio Electronics
nataliia.shubina@nure.ua

Given work describes what association rules are and their application. The rules are designed to identify patterns between related factors and events, information about which is stored in a database and also have an easy form of recording and perception of knowledge. Association rules are used to analyze the market basket. This type of analysis is the process of finding the most typical purchase patterns. One of the most frequently used algorithms for solving the task of the market basket is the Apriori algorithm.

ОГЛЯД БІБЛІОТЕКИ KERAS ДЛЯ РОБОТИ З МЕРЕЖАМИ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ

О. Білодід, Ю. Гунченко
Одеський національний морський університет
alexeybeloded@gmail.com

В роботі розглянуто сучасний API Keras для мови програмування Python, який був створений для полегшення написання програм з використанням мереж глибокого навчання. Метою цього дослідження був огляд бібліотеки, мета якої забезпечити просте проектування та прототипування нейронних мереж, незалежно від використовуваної в якості обчислювального бекенд бібліотеки наукових обчислень. Keras написаний на чистому Python як частина дослідницьких зусиль проекту ONEIROS (англ. Open-ended Neuro-Electronic Intelligent Robot Operating System) і фактично являє собою інтерфейс для взаємодії з іншими фреймворками.[1] Тобто розробник або фахівець, який володіє технічними навичками роботи з мовою програмування Python, зможе з легкістю почати розробляти програми використовуючи Keras.

Основні особливості даного фреймворку:

1. Підтримка Python 3.
2. Написаний на чистому Python.
3. Мультиплатформеність.
4. Відкритий вихідний код.
5. Підтримка популярних фреймворків (Deeplearning4j, TensorFlow и Theano).
6. Інтеграція в TensorFlow.

Основним недоліком розробки програм з використанням Keras є обмежена гнучкість налаштування нейронної мережі. Але відчути цю «топорність» на практиці вдається дуже нечасто, так як в більшості випадків Keras використовується для написання невеликих проектів починаючими розробниками або для швидкого будування моделі та перевірки того, наскільки ефективною є архітектура побудованої мережі.

Великим плюсом використання Keras э те, що для початку розробки вам не потрібно встановлювати додаткові модулі, тому він містить в собі багаточисленні реалізації широко застосовуваних будівельних блоків нейронних мереж одразу після встановлення, такі як:

- Шари, основні з яких Dense, Activation, Dropout, Flatten, Input, Reshape, Permute і т.і.. Окрім основного типу шарів Keras також містить в собі шари таких типів як Згорткові шари, Pooling-шари, Локально-зв'язкові шари та інші. Зокрема Keras дозволяє користувачам написання власних шарів [2],
- Цільові та передавальні функції, такі як elu, relu, softmax, sigmoid, hard-sigmoid і т.і.,
- Оптимізатори, серед яких SGD, Adam, Adamax, RMSprop та інші,
- Безліч інструментів для спрощення роботи з зображеннями і текстом,
- Вбудовані датасети підготовлених даних для навчання мереж для різних задач, такі як: CIFAR10, CIFAR100 та Fashion-MNIST (класифікація невеликих зображень), IMDB Movie (містить 25000 відгуків до кінострічок), MNIST (класифікація рукописних цифр), Reuters (класифікація тем новинних стрічок), boston_housing (набір даних по регресії цін на житло в Бостоні).

Оскільки Keras написаний на чистому Python, программа написана з його використанням автоматично наслідує підтримку всіх бібліотек Python та зберігає його синтаксис, а отже й лаконічність та компактність коду.

Keras пропонує підтримку кількох бекенд-движків, що дає можливість тренувати модель Keras на основі одного движка, а перевіряти результати - на іншому. Також Keras дозволяє тренувати модель як на одному, так і на декількох GPU [3]. Це забезпечує підтримку паралелізму та дозволяє обробляти великі обсяги даних.

Остання та найбільш важлива частина – це швидкий розвиток бібліотеки, наявність якісної документації та широка підтримка від спільноти, яка забезпечує дуже низький поріг входження для користувачів що робить Keras дуже перспективним інструментом для починаючих розробників.

[1] Бібліотека Keras [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Keras, дата доступу 03.11.2020.
[2] Keras Developer guides [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://keras.io/guides/, дата доступу 03.11.2020.
[3] Keras API [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://keras.io/api/, дата доступу 03.11.2020.

OVERVIEW OF KERAS LIBRARY FOR DEEP LEARNING NETWORKS

O. Bilodid, Y. Gunchenko
Odesa National Maritime University,
alexeybeloded@gmail.com

Modern software development technologies using deep machine learning provide many tools for writing, designing, and testing neural network models.

This article discusses the Keras API. It is one of the most popular and easy-to-use libraries for building neural networks in the Python programming language.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАННІ

В. Сергатий, О. Конопліцька-Слободенюк
Центральноукраїнський національний технічний університет
sergatyijvlad1999@gmail.com

Станом на 2020 рік, в зв'язку з загостреною з усіх сторін життя ситуацією навколо суспільства, та нашою державою в цілому одним з передових, найперспективніших напрямків в науці, є інформаційні технології. Саме завдяки їм є можливість дистанційно навчати наших дітей, та здобувати нові знання, що можуть перетворитись в нову професію.

Сектор інформаційних технологій дозволяє зробити процес навчання більш інтерактивним, це в свою чергу надає можливість впровадити техніки та методики з доведеною ефективністю. Саме беручи до уваги дані аспекти необхідно вже зараз запроваджувати зміни, як до законодавчої, але більше за все до механізму системи освіти в цілому, не в окремих навчальних закладах чи регіонах, а й по всій Україні одночасно.

Вивчення матеріалу за допомогою технологій інформаційного навчання дають можливість наочно демонструвати матеріал студентам покращує сприйняття інформації, та її засвоєння на 75 %. В цілому це може стати основною причиною для опановування матеріалу самостійно.

В цей момент беручи до уваги ситуацію з пандемією COVID-19 вже дійсно працюють онлайн платформи з розкладами занять та предметами. Ми можемо бачити як віртуальні системи навчання прийшли вже і до нашої держави.

Дана технологія є вже прогресивною, але має ряд недоліків головний з яких не прийняття суспільством і не спроможність студента самостійно опановувати навчальну дисципліну, та будувати план навчального процесу, щодо засвоєння певного матеріалу.

Необхідним є навчити людину навчатись за допомогою інформаційних технологій самостійно, вчитель лише є наставником та надає базові знання, решту учень має відшукати перевірити, впровадити в життя самостійно. [2]

При даній моделі повинні виконуватись наступні кроки:

1. Відмова від нагадувань та постійного контролю
2. Впровадження систему рейтингу, якщо той хто навчається не опановує програму за допомогою інформаційних технологій він просто не рухається далі. Необхідно виділити, те що прозора перевірка знань можлива, де в режимі онлайн викладаються завдання та встановлюється час виконання. При цьому вразі покидання сторінки користувачем результат анулюється.
3. Проведення професійного розподілу та надання студентам можливість самостійно обирати на онлайн платформі що вивчати додатково, але при цьому залишити обов'язкові фундаментальні дисципліни.

Вже сталою є практика використання мультимедійних презентацій, для наочної демонстрації матеріалу, також є можливим загострити увагу на певному аспекті виділивши його з поміж інших. Під час даного типу подання інформації ми маємо ефект одночасного включені в процес зорової та слухової пам'яті, що покращує сприйняття інформації в цілому.[3]

Ці технології мають доведену наукову ефективність, тобто ми маємо вже певний базис який необхідно лише розвинути, та продемонструвати людям. Дана ідея інформаційного навчання не нова, а лише потребує аналізу та прийняття з боку держави, та суспільства в цілому.

[1] Куперман, Л. (2017). Мистецтво викладання онлайн: як почати і як досягти успіху в якості онлайн-інструктора. Нідерланди: Чандоса. с. 108.
[2] Будхаір, С.С. і Скіпвіт, К. (2017). Кращі практики щодо залучення онлайн-учнів за допомогою стратегій активного експериментального навчання. Лондон: Рутлеж. 31 с.
[3] Національна стратегія розвитку освіти в Україні на 2012–2021 роки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mon.gov.ua/images/files/news/12/05/4455.pdf — Заголовок з екрану.

INFORMATION TECHNOLOGIES IN LEARNING

V. Sergatiy, O Konoplitska-Slobodenyuk
Central Ukrainian National Technical University
sergatyijvlad1999@gmail.com

In the 2020, due to the aggravated situation around society on all aspects of average life, the most essential basis for learning is information technologies. If we will use them, we could admit the goal of distance learning. In additional we could convert our new knowledge into higher qualified occupations. The information technology sector allows making the learning process more interactive. Learning the core of subject with the IT allows students to clearly demonstrate the basics aspects and improve the perception of information and its assimilation by 75%.

ДОСЛІДЖЕННЯ АНСАМБЛІВ ДЕРЕВ РІШЕНЬ DECISION FORESTS TA DECISION JUNGLES

М. Сіряченко
Харківський національний університет радіоелектроніки
maksym.siriachenko@nure.ua

Завдання класифікації використовується в різних галузях, як наприклад медична діагностика, оцінювання кредитоспроможності чи пророцтво родовищ корисних копалин. Метою роботи є дослідження двох досить непростих алгоритмів класифікації, як Decision Forest і Decision Jungle, аби виявити можливі складнощі при їх побудові, та виділити сфери при яких той чи інший алгоритм використовувати доцільніше.

Дерево прийняття рішень використовує дерево рішень (як самий корінь моделі), щоб перейти від спостережень щодо елемента (представленого в гілках) до висновків про цільове значення предмета (представленому в листі). Листя представляють собою мітки класів і гілки, що представляють кон'юнкції функцій, які призводять до цих мітках класів.

Decision Forest - це ансамбль навчання дерев. модель лісу характеризується низкою компонентів. Наприклад, нам потрібно вибрати сімейство розділених функцій (також званих як «слабкі учні»). Аналогічно, ми повинен вибрати тип провісника листа. Модель випадковості також має великий вплив на роботу лісу. Під час тренування для

оптимізації параметрів дерева використовується набір зазначених точок тренування {v}. У дереві класифікації ентропія розподілів класів, пов'язаних з різними вузлами, зменшується (збільшується довіра) при переході від кореня до листя. Під час тестування немарковані вхідні дані тесту проходять через кожне дерево компонентів. На кожному внутрішньому вузлі проводиться тест і точка даних відправляється відповідному дитині. Процес повторюється до тих пір, поки не буде досягнутий лист. На аркуші зберігається попередня точка. Наступний клас, є просто середнім значенням для всіх дерев.

Рандомізовані Decision Forests стикаються з фундаментальним обмеженням: при наявності достатніх даних кількість вузлів в деревах рішень буде експоненціально зростати з глибиною. Для деяких додатків, наприклад, на мобільних або вбудованих процесорах, пам'ять є обмеженим ресурсом, тому експоненціальне зростання дерев обмежує їх глибину і, отже, їх потенційну точність. Decision Jungle це перегляд ідеї ансамблів вкорінених рішень, орієнтованих на ациклічні графи (DAG), які є компактними і потужними дискримінаційними моделями для класифікації. Рішення Jungle J = (G_1, ..., G_m) являє собою сукупність випадкових рішень DAGs G1. Проблему мінімізації в Decision Jungle досить важко вирішити. Можна запропонувати два локальних методи: LSearch і ClusterSearch. Як локальні оптимізації, жоден з них ймовірно не досягне глобального мінімуму, але на практиці обидва ефективні для зведення до мінімуму мети. За дослідженнями LSearch виявляється більш ефективним.

[1] J. Shotton, T. Sharp, Decision Jungles: Compact and Rich Models for Classification Supplementary Material, Microsoft Research, Cambridge, UK, January 2013
[2] Decision Forests for Classification, Regression, Density Estimation, Manifold Learning and Semi-Supervised Learning, Microsoft Research technical report TR-2011-114
[3] Breiman L, Friedman J, Olshen R, Stone C. Classification and Regression Trees. Belmont, CA, USA: Wadsworth International Group; 1984.

RESEARCH OF DECISION TREE ENSEMBLES DECISION FORESTS AND DECISION JUNGLES

M. Siryachenko
Kharkiv National University of Radio Electronics
maksym.siriachenko@nure.ua

The classification task is used in various fields, such as medical diagnostics, credit assessment or mineral prediction. The aim of the work is to study two rather difficult classification algorithms, such as Decision Forest and Decision Jungle, in order to identify possible difficulties in their construction, and to identify areas in which one or another algorithm is more appropriate to use.

In Decision Forest, the entropy of class distributions associated with different nodes decreases (confidence increases) as the transition from root to leaf. Randomized Decision Forests face a fundamental limitation: if there is enough data, the number of nodes in decision trees will increase exponentially with depth, which can be problematic when used on weak hardware resources. This problem is solved by using more complex Decision Jungle. This is a revision of the idea of ensembles of embedded solutions focused on acyclic graphs (DAGs), which are compact and powerful discriminant models for classification.

РОЗРОБКА МЕТОДА ВЕБ МАЙНІНГА ДЛЯ ВИДОБУТКУ ЗНАНЬ ПРО ПОВЕДІНКУ ПОКУПЦІВ КНИЖКОВОГО МАГАЗИНУ

О. Гуров
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
oleksandr.hurov@nure.ua

Для ефективної роботи інтернет-магазинів недостатньо просто виставити товари на сайті, зробити красивий інтерфейс або додати детальний опис. Впровадження додаткових аналітичних компонентів дозволило б отримати більш детальну інформацію про уподобання або залежності, які могли б виникнути в ході використання сайту клієнтами.

Мета роботи полягає в проектуванні веб сайту книжкового магазину, який зміг би отримувати знання про поведінку покупців і далі застосувати їх для поліпшення показника продажу товарів. Прикладом такого механізму по отриманню корисної інформації з даних можуть слугувати асоціативні правила. Найбільш поширене застосування асоціативних правил даної предметної області - це аналіз ринкового кошика.

Пошук асоціативних правил добре відомий метод. Аналіз ринкового кошика - це процес пошуку найбільш типових шаблонів покупок в магазинах. Він здійснюється шляхом аналізу баз даних транзакцій з метою визначення комбінацій товарів, пов'язаних між собою. Тобто визначає товари, наявність яких в транзакції впливають на ймовірність появи інших товарів або їх комбінацій.

Таким чином, в момент перегляду кошика доданих товарів, користувачеві буде пропонуватися до покупки додаткова книга, яка буде визначатися результатом роботи компонента системи по знаходженню асоціацій.

Щоб реалізувати проект будемо використовувати такі допоміжні технології:

а) Node.js — платформа з відкритим кодом для виконання високопродуктивних мережевих застосунків, написаних мовою JavaScript.

б) MongoDB —це платформа для роботи з базами даних, орієнтована на документи, що класифікується як бази даних NoSQL і використовує документи, подібні JSON.

в) React - JavaScript бібліотека з відкритим кодом для розробки інтерфейсів для користувачів.

Функціональна частина сайту буде розділена на три ролі - звичайний користувач, зареєстрований користувач і адміністратор сайту. Звичайний користувач може зайти на сайт, ознайомитися з інтернет-магазином і подивитися список товарів. Для того, щоб додати товари до кошику і далі оформити замовлення, користувачеві потрібно зареєструватися. Замовлення буде містити адресу, час, список товарів, загальну суму. Адміністратор може переглядати поточні товари і вносити в них зміни або додавати нові.

[1] G. S. Linoff, M. J. A. Berry Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Relationship Management, 3rd ed., «Wiley», 2011 - 888 p.
[2] Крокфорд, Дуглас JavaScript. Сильные стороны / Дуглас Крокфорд. - СПб.: Питер, 2012. - 176 с.
[3] Discovery, analysis and presentation of strong rules. G. Piatetsky-Shapiro. Knowledge Discovery in Databases, AAAI Press, (1991)

DEVELOPMENT OF A WEB MINING METHOD FOR A BOOKSTORE

O. Gurov
Kharkiv National University of Radio Electronics
oleksandr.hurov@nure.ua

Today, web development is a fast-growing industry. Many sites are created daily and used by billions of people. Websites are the main source which provide users' needs. The purpose of my development is to create a bookshop website that will discover association rules.

Association rules allow you to find relationships between data items within large data sets in databases. In our case we will use users' transactions for market basket analysis. The algorithm identifies typical patterns of purchases and jointly acquired goods. The results are used to optimize the range, improve inventory management and increase sales by offering related products.

FRAGMENTATION OF FRAMES IN IEEE 802.11 INFRASTRUCTURE NETWORKS OPERATING IN AN ENVIRONMENT OF INCREASED INTERFERENCE

V. Khandetskyi, D. Sivtsov
Oles Honchar Dnipro National University
v.khandetsky 802.11@gmail.com, sdp31415@gmail.com

For noisy channels with significant but slowly varying noise intensity forward error correction is often used. The corresponding codes add redundant data to the transmitted information. So, for example, when generating the Heming code, which belongs to the class of linear systematic block codes, to correct single one-bit errors in a 1000-bit frame data block in accordance with the expression $(m+r+1)\leq 2^r$ [1], where m and r are the number of informational and redundant data, respectively, 10 control bits are needed. For a thousand frames (1 Mb of data), 10000 check bits are required. However, to detect a one single one-bit error, one parity bit per data block is sufficiently. At an average level of noise intensity, the probability of one-bit error can be taken equal to $p=10^{-6}$. In this case, for every 1000 frames, on average, one error will be detected, and after its detection, it is necessary to re-send one data block (1001 bit), and the computational burden will be 10 times less. At the same time, calculations show that with the error probability $p=10^{-5}$-10^{-4}, the costs of correcting and detecting errors with frames retransmissions become comparable.

When using wireless networks in the shops of industrial enterprises, electrical disturbances of a relatively high power affect their work, primarily due to switching the operating modes of the equipment. This is temporary electrical disturbances, which generate sequences of bit errors. On the channel level, 802.11 wireless networks use cyclic redundant check (CRC) that detects all single errors, double errors, and odd bits errors.

It is important for the network successful operation to adapt the timer for waiting the confirmation (ACK) of the access point (AP) receiving an information frame. Excessive latency T slows down the network speed. Decreasing T to the minimal limit causes the workstation to transmit copies of successfully transferred files that have lingered in the AP buffer memory queue. It is advisable to determine T depending on the traffic intensity in the network or the number of stations n operating in saturation mode and close to it: $T = b(n)\cdot\text{SIFS}$, where SIFS is the short interframe space. Our research shows that it is rational to represent $b(n)$ as a polynomial of the second degree. Similar reasoning applies Network Allocation Vector (NAV) which is used for virtual listening to the channel and informs the station about the transmission time of the next frame.

The distortion of the transmitted frames by external interference is superimposed on their distortion due to collision. The SCMA/CA mechanism that underpins 802.11 networks does not distinguishes between frame corruption, caused by collisions or external interference. In both cases, the Contention Window mechanism is activated for collision avoidance, which slows down the network speed. Due to the impossibility of detecting frame collisions in wireless networks, the station always transmits the entire data frame. However, use of acknowledgments and retransmissions is of little help when the probability of frame transmission is low [1].

There are two main strategies used to increase the number of successful transfers. The first is to reduce the transmission rate, which allows the use of more powerful, in sense of noise immunity, methods of signal modulation. A second strategy to improve the chance of a frame arriving intact is to send shorter frames.

If the probability of an error in one bit is equal to p, then the probability that a frame with a length of n bits will be received correctly is $(1-p)^n$. IEEE 802.11 protocol allows us to

divide a frame into fragments, each with its own header and checksum. Fragments are numbered and acknowledged individually using wait timeouts. Sending the next fragment after waiting only for length SIFS significantly reduces the probability that another station will interfere with its frame during the exchanging. However, this possibility cannot be completely ruled out [2]. When the frame is distorted by external interference, just as when it collides with the frame of another station, a retransmission is carried out. Herewith, according the technology DCF (Distributed Coordination Function) this frame is assigned a delay, which is selected according to random backoff protocol. In table shows the values of the probability q of the frame fragment correct transmission and the transmission burden η with respect to the length of the fragment data block versus the error probability p and the degree of fragmentation k. The initial frame length is L=12000 bit. We used 802.11g parameters.

Table. Frames fragmentation results

k	1	2	3	4	6	8	10	12
q (p=10^{-4})	0,3	0,55	0,67	0,74	0,82	0,86	0,89	0,90
q (p=$5\cdot10^{-5}$)	0,55	0,74	0,82	0,86	0,90	0,93	0,94	0,95
q (p=10^{-5})	0,89	0,94	0,96	0,97	0,98	0,985	0,988	0,99
η,%	4,7	11,2	17,7	24,3	37,3	50,4	63,5	72,8

From the data obtained, it follows that at k=4 the network throughput decreases by about a quarter, and at k=8 – by half. But in this case, the probability of a frame transmitting, even with p=10^{-4}, increases to practically permissible values. It should be noted that for a given value of SNR (signal to noise ratio), with an increase in the data transfer rate (IEEE 802.11n, 802.11ac) the value of BER (bit error rate) increases [3], so the problem of frame fragmentation becomes especially relevant.

[1] Tanenbaum A., Wetherall D. Computer Networks, 5th edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall. (2012). 960 p.
[2] Khandetskyi V.S., Sivtsov D.P. Probabilistic characteristics of wireless networks with infrastructure topology. System Technologies. No. 1 (126). (2020). P. 144 – 151.
[3] Kurose Y., Ross K. Computer Networks. A top-down approach, sixth edition. New Jersey: Pearson Education Inc. (2016). 912 p.

ON APPROACH TO EDUCATION MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM DEVELOPMENT

O. Lytvynov, V. Stupaiev
Oles Honchar Dnipro National University
lishu.dnepr.ua@gmail.com, stupaev.vlad@gmail.com

It would be no mistake to say that the rapid development of modern business is based on information, and the infrastructure that allows this information to be automatically collected, processed and analyzed, becomes one of the most important assets of the business. Thus, information technologies become an important tool for creating competitive advantages, which allow to effectively manage projects, risks and make right decisions. Information systems are integrated into business and become a strategic asset of companies, on which their potential and

success depends. One of the main problems is the problem of rapid adaptation of software to the changes that frequently appeared in business processes, functions, and rules. Architectural solutions and design templates, design approaches and project management methods, methodologies and technologies are aimed at resolving the problem.

One of the approaches, which allows to significantly reduce the complexity of software development and maintenance, is the Domain-driven design (**DDD**) approach [1]. The word 'driven' is used to indicate that the most important part of the system is built as the model of the domain and the development should be focused on the correspondence of that model with the real business which that model describes. In other words, the distance between the model, which can be thought as the core of the information system, and the business, information system is served to, should be minimized. This approach gives certain advantages for building flexible, adaptive systems. But at the same time there are different variations within the approach, as well as negative factors affecting the implementation speed.

In 2019 authors encountered the problem of effective education management information system development considering its further evolution and maintenance. That information system can be regarded as a pilot project intended to improve the management of the department through automated gathering and processing all necessary information, supporting its processes. It was suggested that the developers of the system had not been high quality specialists (mainly they were 4th and 5th year students). And furthermore, developers were separated into several independent groups, each group was connected to its own task. Domain of educational institution's department is not rather simple: in addition to main processes having the business value and focused on studying activities, there are a plenty of additional sub-processes and tasks with the documents and reports focused on controlling the studying process, scientific research and the infrastructure supportive to the main processes.

Following discussions, it was decided to realize the system as a number of services with correspondent WebApi, services can interact each other using API, allowing to increase its openness which means that the system can be easily integrated into other information systems.

The implementation of the information system core (domain layer) uses Clean Architecture, which was created by Robert Martin [2] in 2012. CA is a simple and modern architectural solution that combines the best qualities of onion and hexagonal architectures. As in the onion architecture, Martin emphasized the dependency rule which tells us that the inner layers should not depend on the outer layers. Thus, we abstract the internal layers from the external ones, making information system more flexible for all sorts of modifications.

There are three types of modifications of the business affects the robustness of information system: processes, functions, rules and objects. Business processes are constructed of functions-activities and the modification of the process means simple rearrangement of those functions the process is composed of, including their removing, adding and changing. The set of rules can be divided into two parts: rules connected with the processes and the rules realized by the functions. Thus, the most critical modification type from information system maintenance point of view seems the modification of functions. Business function as a rule can be mapped to use case. The use cases are composed of several steps gathered in a bunch of scenarios aimed to describe 'user-system' interaction with the purpose to solve business task.

This problem is solved by the concept of Clean Architecture, which introduced two the layers: **entities** and **use cases**. Entity implies a business object of the application. Entities can be represented by the objects with behavior or a set of data structures. Use case encapsulates and implements all variants-scenarios of system use. Use cases organize the data flow to and from the objects and also direct these objects to use the business rules of the application to achieve the use cases goals. Since changes in the use cases layer will not affect the entity layer, it can be said that the internal layers are independent of external layers, which suggests that the system is resilient to changes.

Once the system kernel is developed, it is reasonable to implement a layer of interaction with the environment. This layer should be universal in order to have access to data from different platforms, from desktop and web applications. To solve this problem, Martin allocates a layer of Interface Adapters [3]. Thus, this layer solves the problem of converting client-friendly data into data that is easy to process by the system itself and vice versa. There are two interfaces for this purpose: input and output port. With the help of this layer we completely abstract the core from external factors, that is, to access the system it is not necessary to use a certain type of client. We can simply add a new adapter to a new type of client, reducing the amount of work performed and consequently reducing the cost of that adaptation to new conditions. The client meant the layer, which is connected to business logic layer on user's behalf and, as a rule, it is the layer of service, which is responsible for remote connection to the core of the system. Such modularity not only allows to use different types of services as hosting environment for business logic layer, but also allows to use it as an independent unit increasing its testability and maintainability.

Thus, the information system was implemented using Clean Architecture. In the result, it is resistant to any external changes, as all business objects and business functions are encapsulated in internal layers of the system core. Internal layers are independent of external layers, which gives additional flexibility and possibility to be transferred in the future. Thanks to the adapter layer, the system has flexible access to different types of clients, which in turn is necessary when changing the client type of the system. To sum up, a Clean Architecture seemed to be a perfect choice for education management information systems realization.

[1] Eric Evans. «Domain-Driven Design: Tackling Complexity in the Heart of Software». 2003. ISBN-13: 978-0321125217.
[2] Robert C. Martin. The Clean Architecture. [Web resource]. Access mode: https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html
[3] Robert C. Martin. «Clean Architecture. A Craftsman's Guide to Software Structure and Design». 2018. ISBN- 13: 978-0134494166.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАСОБАМИ ДОМАШНЬОЇ МЕТЕОСТАНЦІЇ

М. Сичов, Р. Мельник, Є. Задорожній
ДВНЗ "Ужгородський національний університет"
mobimaks13@gmail.com

Функціональність домашньої метеостанції схожа з метеорологічною станцією, тільки обробляється набагато менше даних, які надходять з одного або декількох датчиків, що встановлюються за вікном і в інших приміщеннях. На базі Arduino було створено домашню метеостанцію, а також було розроблено програмне забезпечення для прогнозування температури на найближчий період, використовуючи два підходи – засоби сервісу Foreca та метод Замбретті [1].

Прогнозування від сервісу Foreca дає такі результати:

- точність прогнозу погоди складає: в середньому – 94%, по медіані – 92%. Максимальне відхилення – 23%

- відхилення прогнозу температури від фактичних показників складає: в середньому – 2.3°C, по медіані – 2°C. Максимальне відхилення прогнозу температури від фактичних показників – 6°C.

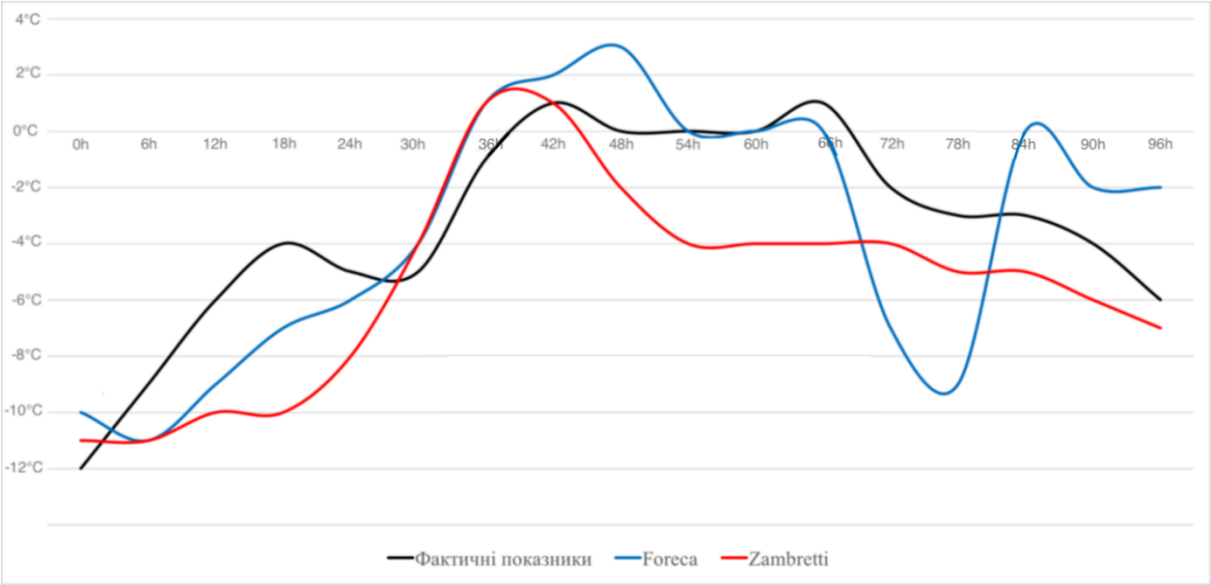


Рис. 1. Графіки показників температури

Прогнозування методом Замбретті дає такі результати:

- точність прогнозу погоди складає: в середньому – 96%, по медіані – 100%. Максимальне відхилення – 46%
- відхилення прогнозу температури від фактичних показників складає: в середньому – 2.7°C, по медіані – 3°C. Максимальне відхилення прогнозу температури від фактичних показників – 5°C.

Отже, метод Замбретті, в цілому, добре передбачає погоду, але наявність сильних відхилень від фактичних показників говорить про недостатню надійність отриманого прогнозу. Засоби сервісу Foreca дають трохи меншу точність, але максимальне відхилення від реальних даних суттєво менше, ніж в методі Замбретті.

[1] Долгосрочное и среднесрочное прогнозирование погоды. Проблемы перспективы. Под ред. Д. Бариджера, Э. Челлсна. М.: Мир, 1987. 288 с.

FORECASTING TEMPERATURE USING HOME WEATHER STATION

M. Sychov, R. Melnyk, Y. Zadorozhnii
State University "Uzhhorod National University"
mobimaks13@gmail.com

Zambretti method – is the method used to forecast temperature values using a home-based meteorological station. The station can gather and utilize multiple meteorological inputs, such as air temperature, atmospheric pressure, and air humidity.

This method, in comparison to the Foreca service, showed high accuracy of results for the short-term forecast. However, the presence of strong deviations from an actual measurement indicates a lack of reliability of the obtained forecast.

ПРОГРАМА ДЛЯ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ ОСЦИЛОГРАМ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ВАРИСТОРНИХ МАТЕРІАЛІВ В ОБЛАСТІ СИЛЬНИХ СТРУМІВ

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

В роботі [1] запропонована методика визначення лінійного об'ємного опору зерна варисторної кераміки з вольт-амперної характеристики (ВАХ) $J = f(E)$, що зареєстрована в області сильних електричних струмів. Методика базується на концепції, яка передбачає визначення питомого диференціального опору кераміки $\rho_{dif} = dE/dJ$ в різних точках ВАХ. В [2] описана програма, яка дозволяє за даними сканування цифрового (растрового) зображення осцилограми, що зареєстрована при подачі на зразок варисторної кераміки поодинокого експоненціального імпульсу напруги, виміряти з високим ступенем точності ділянку ВАХ.

Метою даної роботи є створення програми, яка на підставі даних сканування цифрового зображення осцилограми імпульсів напруги і струму дозволяє визначити питомий диференціальний опір ρ_{dif} і середню відстань між бар'єрами L_b варисторної кераміки в межах будь якої точки ВАХ, якій відповідає середня густина струму J_{av}.

Програма створена як прикладний web-додаток засобами мов HTML5, CSS3, JavaScript із залученням технології Canvas. Програмним середовищем для її виконання є браузери мережі Інтернет.

Програма реалізує алгоритм, який складається з таких етапів обробки цифрових зображень осцилограм: 1). Завантаження зображень; 2). Уведення геометричних параметрів зразка, що досліджується; 3). Визначення масштабів напруги і струму за результатами сканування осцилограм калібрувальних сигналів 4). Визначення координат y_{U0}, y_{I0} ліній нульової напруги і струму; 5). Сканування координат імпульсів напруги і струму в трьох точках; 6). Розрахунок на підставі сканованих даних напруженості E, густини струму J, відносної похибки їх вимірювання, середньої густини струму J_{av}, зворотного струму $1/J_{av}$, ρ_{dif} і L_b; 7). Виведення результатів.

Рис. 1 показує вигляд web-сторінки програми на заключному етапі її виконання. На сторінці, за допомогою тегу <*canvas*>, створене полотно розмірами 2300×2600 пікселів, на якому розташоване зображення осцилограми імпульсів напруги і струму. Це дає можливість використовувати засоби *canvas* для рисування точок, у яких виконано сканування і з'єднувати їх лініями. З лівої сторони вікна розташований блок інструментарію програми, а у верхньому правому куті – блок для відображення поточних координат курсору миші.

Блоки окремих етапів обробки зроблені прихованими. Вони відкриваються при натисканні кнопок відкритих блоків або кнопок інструментарію. Приховані блоки мають поля форм для уведення геометричних параметрів зразка і калібрувальних напруг. Завантаження зображень (етапи 1, 3, 4) відбувається після натискання кнопки «Choose File», обрання потрібного файлу і натискання кнопки «Загрузить».

Етап 2 реалізується після натиснення кнопки «Исходные данные», що відкриває блок з полями форм для уведення геометричних параметрів зразка. На етапах 1, 3 за допомогою кнопки «Choose File» і «Загрузить» відкривають осцилограми калібрувальних напруги і струму. Скрипти програми для цих етапів забезпечують за даними сканування розрахунок масштабів при натисканні кнопки «Рассчитать масштаб».

На етапі 4 відкриваються блоки і працюють скрипти, що визначають координати y_{U0} і y_{I0} нульових ліній осцилограм (на рис. 1 ці лінії за межами екрану). На етапах 5, 6 відкривається блок, який можна бачити на рис. 1. Після сканування в трьох точках осцилограм напруги і струму (сканованi точки програма виводить кружками) і натискання кнопки «Рассчитать», результати обробки виводяться у приховані поля форм. Кнопка «Коррекция» забезпечує видалення координат останньої сканованої точки з метою повторного сканування. Кнопка «Очистить» дозволяє перейти до обробки іншої ділянки осцилограми без повторення етапів 1 – 4 алгоритму обробки.

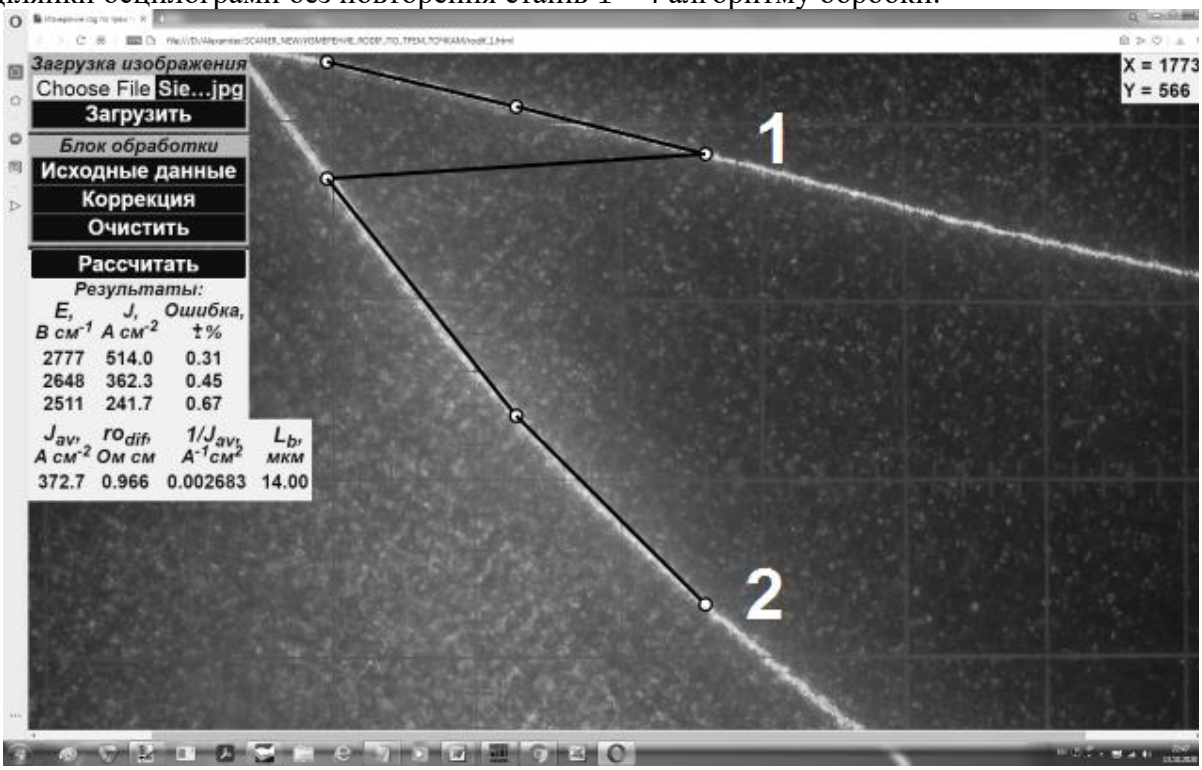


Рис. 1. Вигляд вікна програми на останньому етапі виконання. Цифрове зображення осцилограми імпульсу напруги (1) і струму (2) отримано для зразка оксидно-цинкової кераміки

[1] Ivon A.I., Lavrov R.I., Glot A.B. High-current measurement of the grain resistivity in zinc oxide varistor ceramics / Ceramics International. – 2013, v. 39, – pp. 6441–6447.

[2] Ivon A.I., Istushkin V.F., Yu.M. Rybka, S.V. Savran. Processing of the digital images of analogous oscillograms at pulse measurements / Системні технології. – 2020. – Вип. 1(126). – С. 54-66.

PROGRAM FOR PROCESSING OF THE OSCILLOGRAMS DIGITAL IMAGES AT STUDY OF VARISTOR MATERIALS IN THE AREA OF HIGH CURRENT

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

Program for determination at high current the specific differential resistance and the average distance between energy barriers in varistor ceramics is described. The program uses the scanning data of digital images of analogous oscillograms. It is created in the languages HTML5, CSS3, JavaScript with using the Canvas technology.

ПОЛІПШЕННЯ СЛАБОКОТРАСТНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДУ НЕЧІТКОЇ ПРЕДОБРОБКИ ТА ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

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

В області медичної візуалізації фундаментальне значення має поліпшення зображень різної фізичної природи для підвищення вірогідності діагностування на їх основі. Слабкий контраст - поширений дефект рентгенівських знімків, обумовлений особливостями системи їх формування, зокрема, шумами розсіяного вторинного випромінювання від рентгенівського апарату і пацієнта.

Основна мета поліпшення зображення полягає в тому, щоб змінити характеристики яскравості рентгенівського знімка, для можливості виділення тонких відмінностей в рентгеноконтрастності, посилення кордонів різних структур. Традиційно, поліпшення контрасту зображення виконується шляхом обробки в просторовій або частотної областях. В останні десятиліття особливо популярними стали нечіткі методи обробки даних, які дозволяють враховувати неоднозначність і невизначеність завжди присутні в зображеннях[1].

Як правило, для отримання необхідного результату при обробці зображень використовується комбінація декількох методів. Зокрема, попередня обробка, що включає, наприклад, гістограмне перетворення, є фундаментальним кроком [2].

У доповіді розглядається інформаційна можливість підвищення ефективності частотного методу поліпшення слабокотрастних зображень за рахунок нечіткої предобробки вихідних даних.

Застосування Фур'є-фільтрації передбачає корекцію коефіцієнтів ДПФ і реконструкцію (тобто відновлення) зображення зворотним ДПФ [2]. При цьому, корегуванню піддаються тільки модулі комплексних коефіцієнтів ДПФ, а їхні аргументи не зазнають жодних змін.

Для зображення розміру $M \times N$ з L - рівнями сірого, яке описується дійсною двовимірною функцією $f(j_x,j_y)$ отримання комплексної функції перетворення Фур'є описується виразом:

$$F_p(l_x,l_y) = (\frac{1}{N_1 N_2}) \sum_{j_x=0}^{N_1-1} \sum_{j_y=0}^{N_2-1} f(j_x, j_y) \times \exp[\frac{-i2\pi(j_x l_x + j_y l_y)}{N_1 N_2}], \quad (1)$$

Процедуру фільтрації коефіцієнтів ДПФ можна представити таким чином:

$$F_{pw} = (l_x,l_y) = W_p(l_x,l_y) F_p(l_x,l_y) = W_p(l_x,l_y) \left| F_p(l_x,l_y) \right| \exp[i \arg(F_p(l_x,l_y))], \quad (2)$$

де $W_p(l_x,l_y)$ - дійсний фільтруючий множник.

Перехід в нечіткий простір (фазифікація), може бути інтерпретований як специфічний тип кодування вхідних даних, при якому зображення представлено у вигляді масиву нечітких множин щодо аналізованої властивості зі значенням функції належності μ_{xy}, яка змінюється в інтервалі [0,1] для кожного пікселя [3].

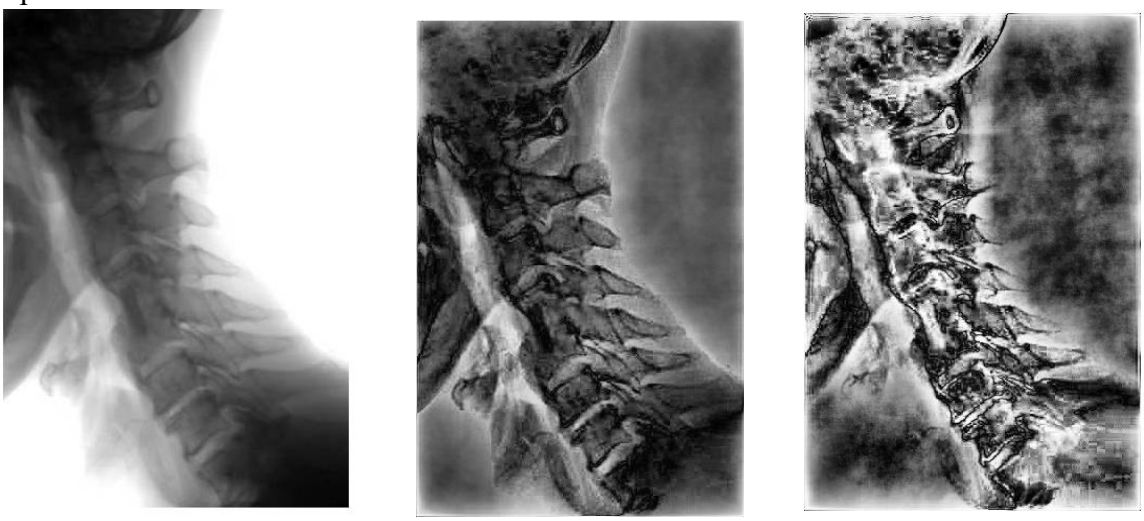
У доповіді наведено дослідження впливу використання нечітких операторів на етапі попередньої обробки даних при використанні частотного методу підвищення якості слабоконтрастних зображень.

При використанні оператору нечіткої інтенсифікації на етапе предобробки алгоритм включає наступні кроки:

1. фазифікація – розрахунок функцій належності μ_{xy} вхідного зображення $f(j_x,j_y)$;

2. модифікації функції належності μ_{xy}';
3. дефазифікація - формування $g'_{mn} = G^{-1}(\mu'_{mn})$;
4. пряме перетворення Фур'є g'_{mn} відповідно (1);
5. перетворення модуля комплексної функції $|F(m,n)|' = |F(m,n)|^{0.8}$;
6. зворотне перетворення Фур'є відповідно (2);
7. візуалізація модуля відновленої функції.

На рис.1 наведено результат застосування даного алгоритму на прикладі обробки реального рентгенівського знімка з використанням алгоритму нечіткої інтенсіфікації в порівнянні з обробкою тільки в частотної області (п.1-п.7). У доповіді розглянуто вплив на обробку різноманітних методів фазифікації та операторів нечіткого перетворення зображень.



а б с

Рис 1. Результати використання частотного перетворення рентгенівського знімку: а) вхідне зображення; б) частотна обробка с) алгоритм з попередньо обробкою оператором інтенсифікації

Висновки. Попередня обробка зображення в нечіткому просторі дозволяє поліпшити результат застосування методу підвищення контрастності в частотної області. Методи фазифікації та тип нечіткого оператору впливають на результуючі характеристики яскравості зображень.

[1] Егоров А., Ахметшина Л. Оптимизация яркости изображений на основе нейро-фаззи технологий: Монография. Изд. Lambert. 2015. 139 с.
[2] Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1070 с.
[3] Fuzzy Image Processing and Applications with MATLAB® Tamalika Chaira Ajoy Kumar Ray 2009 by Taylor & Francis Group, LLC -2008. 665 c.

IMPROVEMENTS LOW CONTRAST IMAGES ON THE BASIS OF FUZZY PRETREATMENT METHOD AND FREQUENCY TRANSFORM

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

The possibility of increasing the efficiency of the frequency method of improving low-contrast images due to fuzzy preprocessing of the original data is considered. The results of experimental on real data are given.

ON TRANSACTIONAL BUSINESS LOGIC DESIGN

O. Lytvynov, O. Bilakovskyi, R. Savchenko, V. Lysenko
Oles Honchar Dnipro National University
lishu.dnepr.ua@gmail.com, bilakovskyi@ffeks.dnu.edu.ua, savchenko_r@ffeks.dnu.edu.ua, vladyslav.l1988@gmail.com

Information system developers often face the task of implementing transactional business rules. And while the specific of transaction processing at the DBMS level is well-known (Read Committed, Repeatable Read etc.), the question of implementing transactions at the level of software components seems open and the decision on how to design and implement transactional business logic remained the prerogative of developers.

Today there are several possible practical implementations of transactional business logic: using Unit Of Work pattern (UoW) [1]; using SystemTransactions library provided by the .NET platform offered a ready-made solution (namely TransactionScope class); direct implementation of transactional logic in stored procedures stored within the database.

At first glance, the stored procedures variant seems to be the best solution of the problem, because they provide higher performance and security levels in comparison with others. But there is one problem that outweighs the benefits: according to the method tasks for which business logic is responsible got smeared among several layers: database level, DAL (data access layer) and business logic layer. Hiding business rules within stored procedures significantly reduces the system resistance to changes (e.g., in case of changing database provider developers face the necessity to rewrite all stored procedures, which, firstly, will take a lot of time, and secondly, it will not always be implemented effectively), and secondly, to understand the implementation of business logic rules, a developer cannot rely only on the appropriate layer (i. e. partly the rules will be implemented in the layer of business logic, and partly in the stored procedure), which violates one of the most important robust software development principles - separation of concerns.

Unit of Work is a pattern provides a mechanism to escape the problems mentioned above by using logical transaction, i.e. atomicity of transaction is the responsibility of UoW object. Practically it means that we have a class responsible for transactions realization: committing or approving, rejecting or rolling back DB-oriented operations. Thus, the methods of the repositories responsible for entity changes, interact with that UoW object, which, in its turn, connects the commands to be executed to a given transaction (e.g. IDbTransaction realization). In this case, to commit the block of DB-oriented operations done by the methods of repositories we need to call commit method of UoW, and without that call the command block will not be executed. The advantage of the approach is that the transaction logic is concentrated in the business logic layer (application layer), meeting the separation of concerns principle. However, the execution of each transaction requires creating a separate UoW with a set of dependencies (at least a bunch of repositories), which can lead to significant costs in a multi-user system: the number of objects associated with the processing of the transaction increases in direct proportion to the number of transactions, facing the risk of decreasing performance. The use of ORM systems (NHibernate, Entity Framework etc.) seemed not always efficient: the logic of optimizing the execution of operations is not always transparent, and it is impossible to correct or modify the specifics of ORM transactions processing.

The TransactionScope class from the System.Transactions library provides an easy way to mark a block of code involved in a transaction hiding details of realization and making the definition of transaction as easy as it is possible. Due to its ease of use and efficiency, it is very convenient to use this mechanism to implement transactional business rules. TransactionScope has a number of advantages, namely: it makes the implementation of ACID transactions simple (i.e. no need to write an explicit "rollback" code or cleanup); it can coordinate resources such

as databases, message queues and transaction file systems within one transaction; it automatically detects an external transaction and obtains its support. As a disadvantage, it is "heavy" and absolutely hidden, so it cannot be an optimal variant for the systems focused on high performance.

Advantages and disadvantages of the above approaches led us to the idea of introducing an additional Transaction Manager component responsible for transaction processing to the business logic layer. This is a kind of Entity service in terms of service-oriented architecture, which can also be defined as a DAL layer facade. By the way, the question of its location is debatable: on the one hand, this component is a part of DAL, on the other it is a service of BLL. It is more correct to talk about some intermediate layer between DAL and BLL, which is responsible for implementing transactions. Each possible transaction is implemented as a method of this component. To perform a transaction that component uses a bunch of necessary repositories. Of course, these methods can only serve as access points (i.e. gateways) to the objects of the corresponding type, which are, in those turn, directly responsible for the specifics of transactions hiding implementation details and related resources (e.g., repositories).

The creation or, more specifically, assembly of the transaction manager seemed to be the task of a special class-factory, which is responsible for resolving the dependencies and providing all necessary resources to the manager (e.g. objects that implement specific transactions, repositories, etc.). In our opinion, providing of Transaction layer does not mean that all DB-oriented operations should be passed through that layer, simple operations can be performed by the repositories without any transaction mechanisms engagement and it differs provided approach from the approach of SOA Entity services. From the DDD (domain-driven design) point of view, it can be considered as a service responsible for transaction processing.

As we can see, the transaction manager is connected only with those repositories, which participate in the transaction processing.

Since all requests for transaction implementation will pass only through one Transaction Manager object, there is an obvious need for asynchronous methods implementation. In the generalized variant, we can consider a variant of transaction managers pool that can be used to distribute the load, but even that variant seems more effective than UoW, where a full set of objects for each connection is created.

Another controversial issue is the possibility of having several Managers (i.e. horizontal decomposition of the manager). The fact is that real projects have hundreds of tables in their databases and can reach up to a thousand objects and most of them can participate in transactions. However, it is rare that a user of a particular type deals with hundreds of entities. Hence, a variant of distribution of transaction managers by contexts related to different types of users seems to be the best solution.

At present, transactions are a very powerful mechanism for implementing business rules? and the success of their use depends on the approaches chosen by the developer. Each of the above approaches has its advantages and disadvantages. The choice depends on the subject area, business requirements and complexity of the project being developed. In this work, we consider the approach with introduction of additional layer of abstraction responsible for transaction processing that can be effectively applied if standard approaches are not suitable for some reason.

[1] C# — UnitOfWork And Repository Pattern. [Web resource]: https://medium.com /@utterbbq /c-unitofwork-and-repository-pattern-305cd8ecfa7a
[2] Software Architecture in Practice (SEI Series in Software Engineering) 3rd Edition by Len Bass (Author), Paul Clements (Author), Rick Kazman (Author). ISBN-13: 978-0321815736. ISBN-10: 9780321815736.
[3] .NET documentations resource [Электронный ресурс]: www.docs.microsoft.com/dotnet /api /system.transactions.transactionscope?view=netcore-3.1

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ТЕРМОКОНТРОЛЮ ДЛЯ ЗЕРНОСХОВИЩА

О. Митько, О. Гниленко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
mytko@ffeks.dnu.edu.ua

Одною з основних проблем аграрної галузі України є втрати врожаю під час його зберігання. Особливо це стосується зернових культур, які є основою експортного потенціалу країни. Відомо, що основною причиною зниження якості зерна під час зберігання є його самозігрівання. Це явище може виникати на всіх етапах зберігання збіжжя навіть за умови, якщо заклали його на зберігання за потрібної вологості. Тому, важливим завданням є вчасна діагностика таких процесів, які супроводжуються підвищенням температури. Контроль температури зерна є найбільш доступним і ефективним методом, який дає змогу повноцінно відстежувати стан зерна.

Існуючі системи контролю ведуть спостереження за температурою зерна за допомогою датчиків, сигнал від яких надходить спеціальним кабелем до комп'ютерної системи. Проте, такі системи занадто дорогі та непрактичні для використання у невеликих сховищах з підлоговим зберіганням, для чого набагато краще підходять термоштанги — недороге рішення для контролю за станом зерна [1].

Сьогодні, з огляду на поширення пристроїв, що об'єднуються під поняттям «інтернету речей», доцільною є розробка недорогих технічних рішень для термоконтролю зерна, що будуть використовувати для зв'язку з системою збору та обробки інформації (у ролі чого може виступати навіть звичайний смартфон) сучасні протоколи бездротового зв'язку, а самі будуть живитися від невеликих літієвих акумуляторів, що мають велику ємність при досить скромних розмірах. Оскільки вони не потребують наявності з'єднувальних кабелів, це дає змогу легко розташувати їх у насипі зерна.

В даному докладі представлений проект системи термоконтролю зерна на основі сучасного цифрового сенсора MAX31889 від Maxim Integrated Inc. [2]. Такий термочутливий елемент не має недоліків, характерних для резистивних датчиків, та коштує на порядок менше порівняно з термопарами на основі спеціальних сплавів, при цьому не поступаючись точністю вимірювань. Для обміну даними із сенсорами використовуються інтерфейси 1-Wire та TWI (I^2C). Як і термоштанга, даний пристрій конструктивно виконаний з труб, виготовлених із композитних матеріалів, з алюмінієвим наконечником, в якому знаходиться сам датчик. Блок схема запропонованої системи зображена на рис. 1.

Обчислювальну потужність та реалізацію протоколів бездротового зв'язку надає найсучасніша система на кристалі nRF5340 від компанії Nordic Semiconductor, котра займає 1-ше місце у світі за реалізаціями технологій Bluetooth. Дана система включає два ядра ARM Cortex-M33, одне з яких призначене для виконання прикладних завдань, має тактову частоту 128/64 МГц, високу продуктивність обчислень, обладнане 1 МБ Flash-пам'яті та 512 кБ RAM, а інше — енергоефективне з частотою 64 МГц, 64 кБ Flash-пам'яті, відповідальне за роботу з мережевими протоколами зв'язку. Таке рішення дозволяє одночасно підвищити продуктивність та знизити споживання енергії у режимі очікування. Даний чип забезпечує весь набір опцій, характерних для рішень на базі Bluetooth 5.2 LE, а технологія NFC дозволяє здійснювати швидке та зручне підключення пристроїв до системи збору та аналізу даних (смартфону).

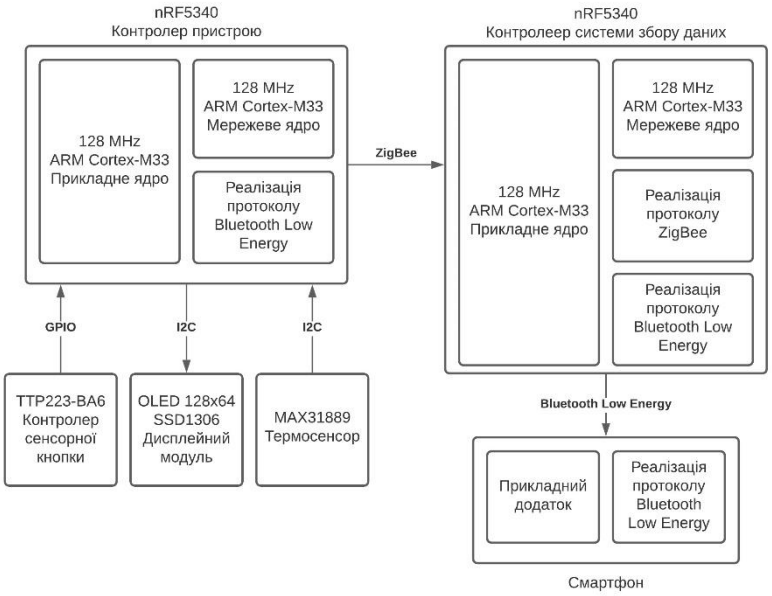


Рис. 1. Блок схема системи термоконтролю.

У разі виходу показників температури за гранично допустимі межі на систему контролю або смартфон надійде відповідне сповіщення з уточненням ідентифікатора сенсора, який зафіксував небезпечні значення, що надає можливість для швидкого реагування на ситуацію, що виникла локально.

Додаткової функціональності додають пристрою органи керування та індикації, зокрема енергоефективний OLED дисплей, світлодіоди для контролю за процесом заряджання вбудованого акумулятора, та сенсорні кнопки для безпосереднього налаштування.

Для живлення пристрою використовується літій-іонно-полімерний акумулятор з контролером LTC4001 від Linear Technology, який має вхідну напругу від 4,5 до 5,5 В і дозволяє використовувати зарядні пристрої від будь-якого сучасного смартфону.

[1] Контроль температуры зерна ручными термощупами. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.technotest.com.ua/kontrol-temperatury-zerna-ruchnymi-termoschupami.html.

[2] MAX31889 ±0.25°C accurate I^2C temperature sensor. Technical documentation. 19-100693; Rev 0; 01/20. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX31889.html.

INTELLECTUAL THERMAL CONTROL SYSTEM FOR GRAIN STORAGE

O. Mytko, A. Gnilenko
Oles Honchar Dnipro National University
mytko@ffeks.dnu.edu.ua

A new, cost effective design solution is proposed for thermal control of grain in grain storages. The thermal control system is based on accurate temperature sensor MAX31889 which uses I^2C digital interface. The main advantages of the proposed device are great functionality, flexibility of programming and tuning for an acceptable cost which makes this thermal control system the best choice for small farms.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНИХ ПРОЕКТІВ

М. Ілієв, І. Пономарьов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ilievmarik@gmail.com

На сьогоднішній день користувачі потребують постійну поставку оновлень продукту. Від мікросервісів до мобільних додатків. Сучасні програми мають безліч компонентів, необхідних для своєї роботи.

Безперервна інтеграція (Continuous Integration, далі CI) – це практика розробки, яка вимагає від розробників інтегрувати код у спільне сховище кілька разів на день. Кожен підхід зборки проекту у сховищі перевіряється автоматизованою системою (Unit тести).

Безперервна доставка (Continuous Delivery, далі CD) – це розширення CI: підхід, при якому команди розробників забезпечують випуск версії продукту одним натисненням, якщо вони визначають що версія продукту відповідає їх сподіванням та вимогам роботи.

Данні засоби дозволяють досягти простоти у роботі з оновленнями, що в свою чергу дозволяє ефективно економити час. Існують декілька платформ, які надають набір інструментів CI/CD. Серед них - платформа Azure, який в свою чергу має широкий спектр інструментів для побудови та налаштування механізму CI/CD для серверних, мобільних та веб-додатків [1].

Табл. 1. Переваги роботи с окремими компонентами

Continuous integration (CI)	**Continuous delivery (CD)**
Збільшення покриття коду.	Автоматичний випуск нової версії користувачам
Більш швидша зборка за рахунок поділення процесу зборки та виконання тестів.	Бути впевненим, що доставлений код актуальної версії.
Переконатися, що доставлений код працює.	Використовуйте перевірений код із процесу CI.
Виконуйте тести постійно.	Тестами має бути покрито достатній обсяг коду

Azure Pipelines - це хмарний сервіс, який можна використовувати для автоматичного складання та тестування проекту, та робити його доступним для інших користувачів. Він працює практично будь якою мовою або типом проекту.

Існує кілька причин використовувати Azure Pipelines для своїх CI та CD-рішень. Його можна використовувати для:

- Підтримки будь-якої мови чи платформи.
- Розгортання одночасно для різних типів цілей (мобільні та веб додатки).
- Підтримки розгортання Azure.
- Використання віртуальних машин Windows, Linux, або Mac.
- Роботи з проектами з відкритим кодом [2].

Данні протікають за сценарієм наступним чином:

- Розробник змінює код програми.
- Код додатка включає в структуру репозиторію Azure Repos web.config файл.

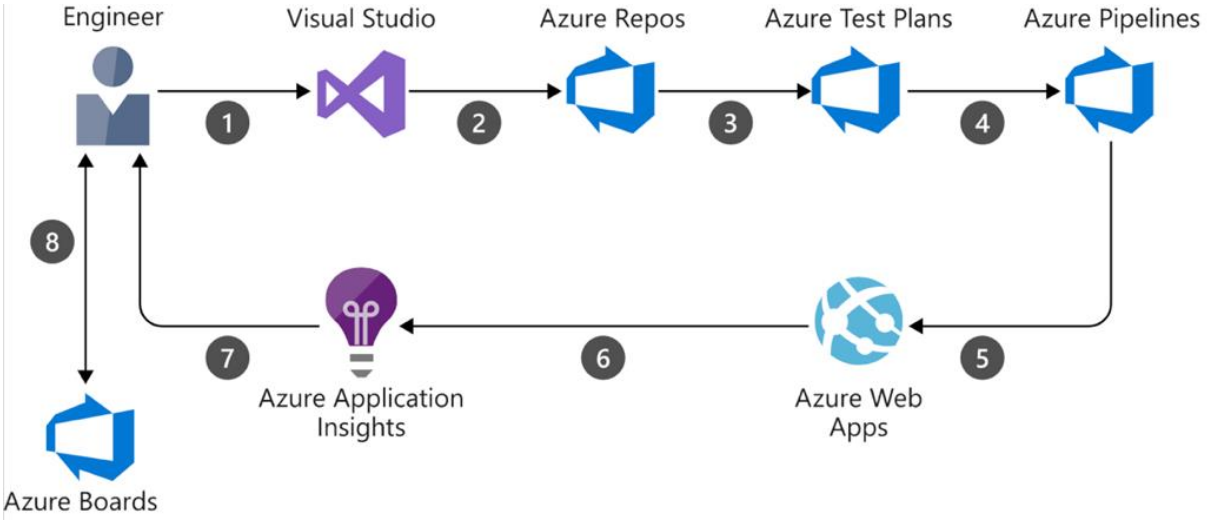


Рис.1. Діаграма архітектури компонентів Azure, що беруть учать у сценарії DevOps, використовуючи Azure DevOps та Azure App Service

- Використовуючи відстежувану гілку репозиторію, CI запускає зборку проекту та виконання тестів за допомогою Azure Test Plans.
- CD в Azure Pipelines запускає автоматичне розгортання артефактів додатків із значеннями конфігурації для оточуючих.
- Артефакти постачаються в Azure App Service.
- Azure Application Insights збирає та аналізує данні про стан проекту.
- Backlog інформація використовується для визначення пріоритетності нових функцій та виправлень за допомогою Azure Boards [2].

Завдяки сервісам CI/CD процес розгортання продукту стає простішим та централізованим. Це надає розробнику можливості зосередитись на виконанні своїх типових задач та позбавитися від проблем при доставці продукту, що розробляється.

[1] Joydip Kanjilal. How to Configure CI/CD in AzureDevOps / Joydip Kanjilal. – 2019 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.red-gate.com/simple-talk/sysadmin/devops/how-to-configure-ci-cd-in-azuredevops.
[2] Official Azure documentation / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/devops/pipelines/get-started/what-is-azure-pipelines?view=azure-devops.

COMPLEX PROJECTS DEVELOPING AUTOMATISATION SYSTEM

M. Iliev, I. Ponomarev
Oles Honchar Dnipro National University
ilievmarik@gmail.com

Continious delivery technology was created for cases when you need to achieve the program product delivery speed. CI/CD platforms are systems that provides instruments to keep product up to date due developing new features and providing fixes. Also its possible to monitor lifecycle of product using additional instruments provided by Azure or other integration system.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ СПІВВІДНОШЕННЯ КОМПОНЕНТІВ У ІНТЕГРАЛЬНОМУ СПЕКТРІ

О. Морозов, А. Широкий
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
morozov@ffeks.dnu.edu.ua

Розглянуто приклад визначення процентного вмісту на основі аналізу спектру фотолюмінесценції (ФЛ) складного біологічного об'єкта – коренеплоду картоплі із спектрів складових її частин, а саме чотирьох компонентів: крохмалю, сахарози, лимонної і аскорбінової кислоти. Спектри ФЛ експериментально визначені в інтервалі 380 - 800 нм. Перед математичною обробкою спектрів вони були згладжені послідовним застосуванням методу, наведеному в [1] 17 разів для прибирання шуму. Після кожного згладжування втрачаємо першу і останню точку. Результат представлений на рис. 1 суцільними лініями. Нова точка згладженого спектра визначалася за такою формулою: `p[i]=d[i-1]/4+d[i]/2+d[i+1]/4`.

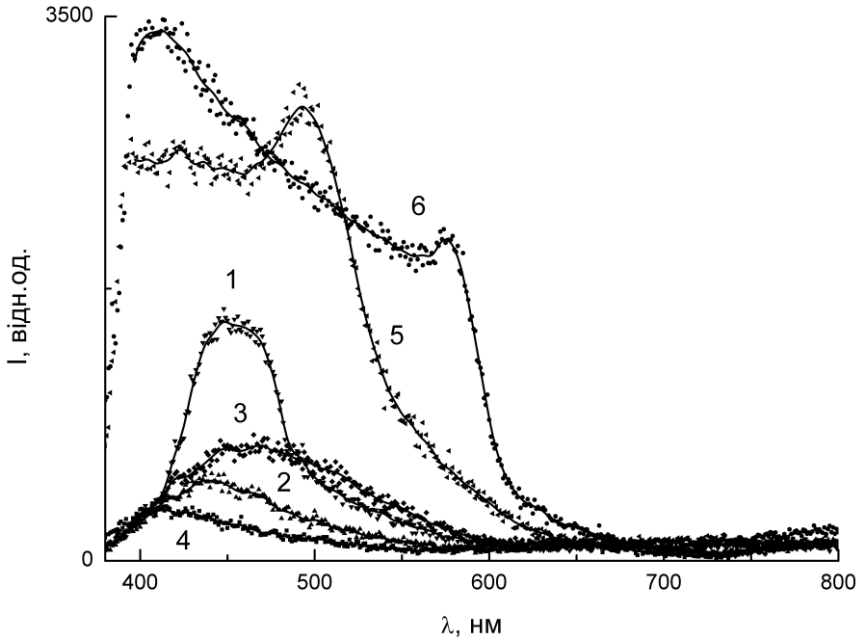


Рис. 1. Спектри ФЛ молодої (1) та старої (2) картоплі, а також: крохмалю (3), сахарози (4), лимонної (5) і аскорбінової (6) кислоти

Інтенсивність інтегрального спектру прирівнюємо сумі інтенсивностей складових в кожній точці спектра картоплі – це лінійне алгебраїчне рівняння, в якому коефіцієнтами при невідомих кількостях складових речовин є значення інтенсивностей їх спектрів ФЛ. Для визначення невідомих коефіцієнтів спочатку потрібно розв’язати усі комбінації систем з чотирма лінійними алгебраїчними рівняннями (СЛАР), тобто застосувати дані для чотирьох точок. Всі комбінації рівнянь точок складалися для зі звуженого після згладжування інтервалу 397 - 783 нм довжин хвиль випромінювання спектру ФЛ і були проаналізовані з метою отримання фізично реальних значень коренів. Таких СЛАР для `n=387` точок вийшло 920193120. Фрагмент перебору:

```
for (i=n-3;i>=1;i--) {
 for (j=n-2;j>=i+1;j--) {
  for (k=n-1;k>=j+1;k--) {
   for (L=n;L>=k+1;L--) {
```

Для кожної точки спектру ФЛ визначили кількість СЛАР, рішення яких мають значення, що знаходяться в інтервалі від 0 до +1. За віссю ординат визначено кількість СЛАР, у якій приймала участь одна і теж сама точка. За цим параметром побудували гістограму, в якої одна і та ж сама СЛАР дає кожній з 4 точок приріст в одиницю.

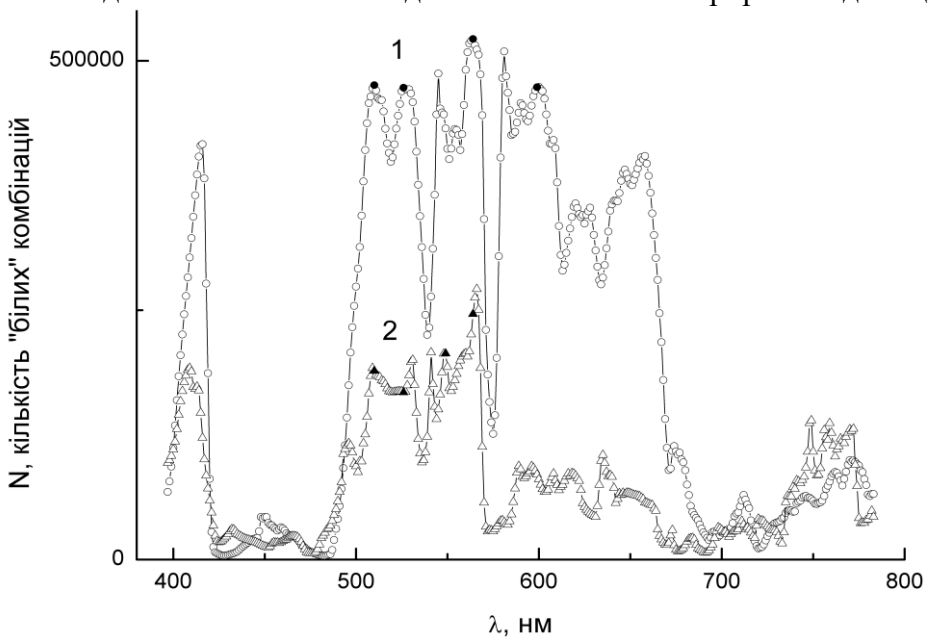


Рис. 2. Кількість "білих" (реальних) комбінацій для кожної точки спектру ФЛ молодої (1) і старої (2) картоплі. Точне розв'язання двох СЛАР з зафарбованих точок дали відповідь, наведену в табл. 1

Табл. 1

Значення коренів (отриманих коефіцієнтів)			
Молода картопля			
Крохмаль	Сахароза	Лимонна кислота	Аскорбінова кислота
0.42	0.24	0.016	0.060
Стара картопля			
0.17	0.29	0.012	0.022

[1] Сглаживание цифровых сигналов [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://habr.com/ru/post/184728/

[2] x86-32 microkernel skeleton w/threads and small user mode apps [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://github.com/duanev/oz-x86-32-asm-003

ALGORITHM OF DETERMINING THE RATIO OF COMPONENTS IN THE INTEGRAL SPECTRUM

O. Morozov, A. Shirokiy

Oles Honchar Dnipro National University

morozov@ffeks.dnu.edu.ua

Determining the percentage of components of complex objects is considered on the basis of analysis of the photoluminescence spectrum of potatoes and its four components: starch, sucrose, citric and ascorbic acids. Mathematical manipulation of spectra was started with smoothing to remove noise. Next, the roots of the system of four linear algebraic equations for all different combinations of 4 points of 387 are calculated. The equations number of SLAE whose roots are 0 to +1 is further calculated for the histogram.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОНВЕРТАЦІЇ ВІДЕОДАНИХ В СИСТЕМАХ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

О. Волковський, І. Яровий
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
igor.yarovoy.98@ukr.net

З підвищенням якості відеоданих суттєво збільшився об'єм пам'яті, який вони займають на носіях. Передача таких «важких» відеоданих займає тривалий час, що в системах відеоспостереження не є прийнятним.

Таким чином, потрібно проводити конвертацію відеоданих так, щоб отримати зображення, яке візуально не буде суттєво відрізнятись від оригіналу, але за розміром буде значно меншим, що дозволить максимально наблизити його до перегляду у реальному часі, навіть при сильно завантаженій мережі або мережі з низькою швидкістю передачі даних.

Для вирішення даної проблеми різноманітні компанії пропонують свої рішення, які полягають у наданні повного пакету послуг «під ключ». Тобто клієнту пропонується весь комплект з камерами, роутерами та іншим необхідним обладнанням. Як правило такими системами користуються корпорації та великі організації, які мають у своєму розпорядженні велике офісне приміщення в якому потрібно стежити за безпекою співробітників. Перевагою таких систем є те, що вони пропонують комплексний підхід вирішення проблеми: забезпечити безпеку та проводити цілодобовий моніторинг. Недоліком таких систем є те, що вони не доступні для пересічного громадянина, а також відсутня можливість вплинути на якість відеоданих або ж зменшити обсяг цих даних без візуальної втрати якості.

Найпопулярнішим форматом для збереження відеоданих є MP4, оскільки підтримується на будь-якій сучасній ОС, а роздільна здатність відео Full HD є по суті стандартом якості відео у 2020 році.

Серед інструментів, які здатні ефективно опрацьовувати відеодані слід виділити набір бібліотек FFmpeg [1]. Так, при використанні параметрів за замовчуванням, опрацьовуючи 30-ти секундний фрагмент відео Big Buck Bunny (який вже став стандартним тестовим відео) [2] та розміром файлу у 30 мегабайт, вдалось отримати відеофайл розміром у 7 мегабайт без візуальної втрати якості відеоряду.

Розмежування системи відеоспостереження на клієнтську та серверну частини є логічним кроком, оскільки сервер працює з відеопристроями та конвертує відеодані (що потребує доволі високих обчислювальних потужностей), а клієнт використовується для перегляду вже оброблених відеоданих і може корегувати параметри конвертації тощо.

Тож необхідно створити відповідну систему, де сервер буде працювати з відеопристроями, використовуючи набір бібліотек FFmpeg. Клієнтська частина системи представлятиме собою мобільний додаток для операційної системи iOS.

Дана система дозволить провести дослідження методів конвертації відеоданих. Сам процес дослідження буде полягати в тому, що, наприклад, беручи початкові відеодані з роздільною здатністю Full HD і розміром файлу 50 мегабайт, будемо намагатися мінімізувати розмір відеоданих (файлу), зберігаючи візуальну якість близькою до оригіналу. Візуальну оцінку після конвертації будемо проводити, фокусуючись на деталях відеоданих: чи збереглися деталі рис обличчя людей або чи можна прочитати номер автомобіля, який потрапив в об'єктив камери. Якщо відповідь на ці питання не є позитивною, то слід продовжувати дослідження методів конвертації та параметрів до них.

Таким чином, провівши дослідження з використанням даної системи, ми зможемо зрозуміти використання яких методів та аргументів для них зможе значно зменшити об’єм відеоданих і при цьому зберегти їх візуальну якість.

Загальна схема структури системи показана на рисунку 1. Сервер складається із декількох модулів. Модуль для роботи з відеопристроями є інтерфейсом через який система по запиту може отримувати відеодані з під’єднаних камер.

Модуль для роботи зі сховищем є інтерфейсом через який система може отримати збережений раніше файл відеоданих або додати/зберегти новий файл відеоданих.

Модуль для роботи з пристроями є мостом між модулем для роботи зі сховищем та модулем для роботи з відеопристроями. Це дозволяє без проблем зберегти відеодані з камери у сховище або передати їх у модуль конвертації.

Модуль конвертації є центром дослідження системи. Саме на основі цьому модуля будуть проводитись дослідження методів конвертації відеоданих і визначення параметрів, які впливають на якість результуючих відеоданих. Даний модуль також є інтерфейсом, який інкапсулює весь процес конвертації і повертає вже опрацьовані відеодані.

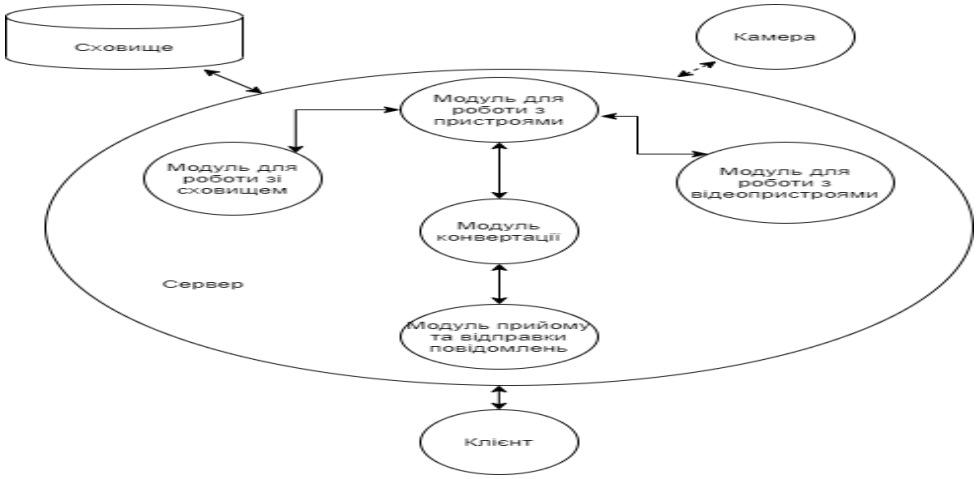


Рис. 1. Загальна структура системи

Модуль прийому та відправки повідомлень є інтерфейсом завдяки якому сервер може приймати та відправляти повідомлення від/до клієнта.

[1] FFmpeg [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/FFmpeg
[2] Big Buck Bunny [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Big_Buck_Bunny

RESEARCH OF METHODS VIDEO DATA CONVERSION IN VIDEO OBSERVATION SYSTEMS

O. Volkovskyi, I. Yarovyi
Oles Honchar Dnipro National University
igor.yarovoy.98@ukr.net

The problem of video data conversion in video observation systems is discussed. To solve this problem, it is proposed to develop a new system using FFmpeg library collection. This system will allow researching which methods and input arguments for these methods allow reaching the best conversion with minimum file size and without a large video quality degradation.

ОБРОБКА ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ АНАЛОГОВИХ ОСЦИЛОГРАМ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ

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

Цифрові (растрові) зображення є способом оцифровування результатів експерименту, поданих у візуальному вигляді. Їх можна отримати за допомогою цифрової фотокамери. При високій роздільності фотокамери цифрові зображення з відомими масштабами дозволяють з високою точністю виміряти параметри їх об'єктів. Вимірювання здійснюється шляхом сканування координат об'єктів цифрового зображенні, а високу точність вимірювання забезпечує мала абсолютна похибка сканування, яка не перевищує ±1 піксель.

Дана робота присвячена методиці і алгоритму обробки цифрових зображень аналогових осцилограм сигналів, з метою вимірювання з них сталої часу τ перехідного процесу і тривалості фронту прямокутного імпульсу t_f, обумовленого цим процесом.

В цифрових схемах, які не мають індуктивних елементів, формування фронтів прямокутних імпульсів відбувається здебільшого за рахунок перехідних процесів, пов'язаних з зарядом і розрядом паразитних ємностей. Такі процеси мають експоненціальну за часом залежність напруги. Оскільки на цифрових зображеннях осцилограм напрузі відповідає координата y, а часу координата x, можна показати, що в системі координат растрового зображення залежність напруги від часу має вигляд:

$$|y - yz| = |y_0 - yz| exp(-M_T(x - x_0)/\tau), \quad (1)$$

де yz – координата, від якої відраховується напруга; x_0 – координата x, з якої починають сканування цифрового зображення (відповідає моменту часу, від якого час відраховується); y_0 – координата лінії сигналу при $x = x_0$; M_T – масштаб часу цифрового зображення аналогової осцилограми.

Логарифмування (1) дає рівняння прямої лінії в координатах $ln|y - yz| \sim x - x_0$. Тому в масиві координат точок цифрового зображення x_i, y_i ($0 \le i \le N-1$), який отримано при скануванні сигналу в області перехідного процесу, координата y_i зв'язана з координатою x_i співвідношенням:

$$ln|y_i - yz| = ln|y_0 - yz| - M_T(x_i - x_0)/\tau. \quad (2)$$

З (2) випливає, що сталу часу перехідного процесу можна визначити за нахилом прямої лінії, як $\tau = M_T\Delta(x_i - x_0)/\Delta ln|y_i - yz|$. Оскільки сканування виконується з деякою похибкою, лінію $ln|y - yz| = a + b(x - x_0)$ через масив сканованих координат доцільно провести методом найменших квадратів для випадку лінійної регресії. Це дозволяє за даними сканування визначити значення коефіцієнтів a і b [1], а на їх підставі – сталу часу перехідного процесу $\tau = M_T/|b|$ і відносну похибку її вимірювання δ. Для розрахунку δ на підставі даних сканування x_i, y_i ($0 \le i \le N-1$) і отриманих методом найменших квадратів значень коефіцієнтів a і b, можна знайти середньоквадратичне ухилення σ координат сканованих точок (x_i, y_i) від лінії лінійної регресії як

$$\sigma = \pm\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}(\ln(y_i - yz) - a - b(x_i - x_0))}\,. \quad (3)$$

З урахуванням σ (рис. 1), усі можливі прямі лінії для масиву координат сканованих точок x_i, y_i ($0 \le i \le N-1$) лежать між прямими лініями $ln(y - yz) = a_1 - |b_1|(x -$

x_0) и $ln(y - yz) = a_2 - |b_2|(x - x_0)$. Це дає можливість отримати розрахункову формулу для абсолютної похибки вимірювання сталої часу $\Delta\tau$:

$$\Delta\tau = \pm\frac{2M_T\sigma}{x_{N-1}-x_0}\cdot\left(|b|^2-\frac{4\sigma^2}{(x_{N-1}-x_0)^2}\right)^{-1}. \quad (4)$$

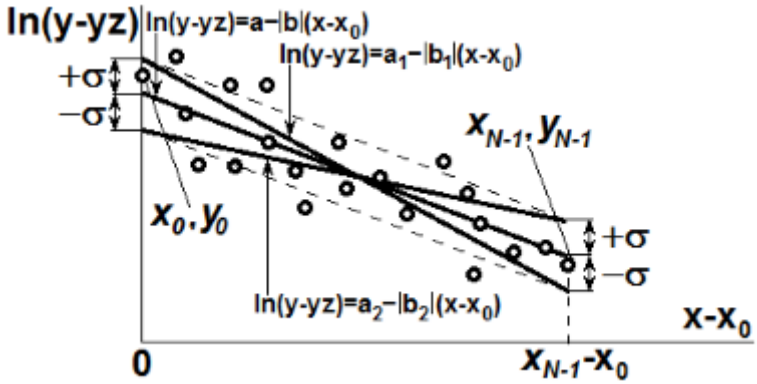


Рис. 1. Відхилення точок сканування від лінії лінійної регресії. Точки показано кружками

Оскільки $|b| >> 2\sigma/(x_{N-1} - x_0)$, з урахуванням $\tau = M_T/|b|$, на підставі (4) можна отримати розрахункову формулу для відносної похибки вимірювання сталої часу τ:

$$\delta = \pm\frac{2\sigma}{|b|(x_{N-1}-x_0)}\cdot 100\%. \quad (5)$$

Якщо тривалість фронту імпульсу t_f, обумовлену перехідним процесом, оцінювати за рівнями напруги $0{,}05U_0$ і $0{,}95U_0$ (U_0 – амплітуда прямокутного імпульсу), то її можна розрахувати за формулою:

$$t_f = 3\tau. \quad (6)$$

З урахуванням викладеної вище методики вимірювання часових параметрів перехідного процесу τ і t_f за даними сканування цифрових зображень аналогових осцилограм електричних сигналів, алгоритм обробки таких зображень повинен складатися з наступних етапів: 1). Завантаження цифрового зображення осцилограми до вікна програми; 2). Визначення масштабу часу осцилограми M_T; 3). Визначення координати yz лінії відліку миттєвих значень напруги сигналу; 4). Сканування координат лінії сигналу в діапазоні часу, де має місце перехідний процес; 5). Розрахунок на підставі формул наведених вище значень τ, t_f і відносної похибки їх вимірювання δ.

[1] Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. Изд. 2-е / Линник Ю.В. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. – 349 с.

PROCESSING OF DIGITAL IMAGES OF ANALOGUE OSCILLOGRAMS AT MEASURING THE TIME PARAMETERS OF TRANSIENT PROCESSES

A. Ivon, V. Istushkin, S. Savran
Oles Honchar Dnipro National University
aii_vel93@i.ua

The technique and algorithm for processing of digital images of analog oscillograms at measuring of the time constant τ of transient process and the duration of pulse front t_f are considered.

ПОЛІПШЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ В ОРТОГОНАЛЬНОМУ БАЗИСІ НЕЧІТКИХ МНОЖИН ТИПУ_2

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

Суперечливість процессу перетворення зображень полягає в тому, що з одного боку, необхідно забезпечення максимальної чутливості використовуваних методів до невеликих локальних варіацій значень яскравості, а з іншого боку, необхідна стійкість до впливу структурних і вимірювальних шумів. При цьому, крім випадковості, яка описуватися відповідно до теорії ймовірності, потрібно враховувати невизначеність зображень [1], яка є атрибутом інформації. Нечітка логіка типу_2 (Т2) дозволяє розглядати завдання, які мають ступінь невизначеності, яка полягає, зокрема, в методах представлення зображень і в алгоритмах їх обробки [2].

Одним з найбільш поширених видів зображень, що формуються різними по фізичній природі системами, є напівтонові, представлені рівнем квантування їх енергетичної характеристики $I(x,y)$, де x, y - координати пікселя, який зазвичай приймає значення на відрізках $[0,1]$ або $[0,255]$. Нечітку обробку зображень можна розглядати як нелінійний тип перетворення вихідних даних, особливістю якого є те, що воно виконується над функціями належності пікселів до попередньо певних кластерів [3].

Зображення розміру $M \times N$ з L рівнями сірого може розглядатися як масив нечітких синглетонів (нечітких множин з єдиною опорною точкою), що відображають значення членства нечіткої множини типу_1 u_{xy} кожної точки зображення $I(x, y)$, щодо його властивості, що є метою аналізу (наприклад, яскравість, гомогенність, зашумленність і т. д.). Тоді, для опису властивої зображенню невизначеності типу_2 можна ввести нечіткі функції приналежності Т2 на основі виразу:

$$a_{k,i}^{t} = \left(u_{k,i}^{t}\right)^{1/\alpha} - \left(u_{k,i}^{t}\right)^{\alpha} \tag{1}$$

де $\alpha \in (1, \propto)$. Зазвичай для зображення значення не має. Це дозволяє сформувати 3и вимірну матрицю I розмірністю $M \times N \times 3$ і дає можливість застосування ортогонального сингулярного розкладання. Дане перетворення забезпечує перехід до нового простору інформативних ознак. Перший сингулярний вектор є низькочастотним, має постійну сталу не рівну нулю, містить основну частину інформативної складової. Решту сингулярних векторів можна інтерпретувати як шумовий компонент.

В рамках даної доповіді розглядається можливість підвищення якості напівтонових зображень за рахунок синтезу нових характеристик в базисі власних сингулярних векторів функцій приналежності типу_2.

На рис. 1 а наведено зображення мікроструктури сплаву потрійніх евтектік у багатокомпонентних системах, аналіз якого затруднений, зокрема, через нерівномірність фону.

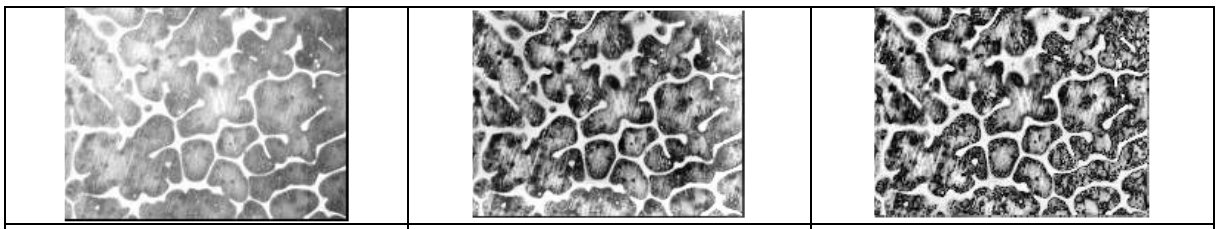
На рис. 1 б, в, наведено результат застосування методу локального обчислення фону, який оцінює його величину середнім значенням по вікну досить великого розміру (в експерименті 15х15):

$$f_{nm}^{new} = f_{nm} - \frac{1}{NM}\sum_{i,j} f_{n+i,m+j} + const \tag{2}$$

На рис. 1 в, наведено результат візуалізації характеристики:

$$\int_{new} = \sqrt{abs}(P12 + P22 - P32) \quad (3)$$

де P1, P2, P3 - перший, другий і третій сингулярні вектори, відповідно ($\alpha = 2$). Проведено порівняльний аналіз результатів, отриманих для ансамблю функцій принадлежності типу_2, розрахованого для різних значень α і різних способів комбінування власних сингулярних векторів.



а	б	в

Рис.1. Вирівнювання фону: а- вихідне зображення; б-метод локального віднімання фону; в - синтез на основі власних сингулярних векторів, отриманих в просторі функцій приналежності типу_2 для рівня сірого

Висновки. Використання нечіткої логіки дозволяє синтезувати додаткові параметри зображення з використанням нелінійних функцій і на основі локального перетворення рівнів яскравості вихідних даних. Це дозволяє застосувати сингулярне розкладання для переходу в новий простір інформативних ознак і дозволяє підвищити якість напівтонових зображень.

Спосіб формування функцій принадлежності типу_2 і метод синтезу результату істотно впливають на ступінь деталізації цікавлюючого об'єкту.

[1] Tizhoosh H.R. and HauBecker H., Fuzzy Image Processing: An Overview, in: "Handbook on Computer Vision and Applications, Vol. 2 (Jahne B., HauBecker H. and GeiBler P., eds.)", Academic Press, Boston, pp. 683-727, 1999.

[2] Wu Haoyang, Wu Yuyuan, Luo Jinping: An Interval Type-2 Fuzzy Rough Set Model for Attribute Reduction. In: IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 301 – 315, IEEE Press (2009). **doi:** 10.1109/TFUZZ.2009.2013458

[3] 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.

IMPROVEMENT OF IMAGES IN THE ORTHOGONAL BASIS OF FUZZY SETS OF TYPE_2

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

The report provides an example of the difference between fuzzy sets of the first and second type. It has been proven that using the membership function type_2 has a significant effect on the sensitivity of segmentation.

ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ШТУЧНОГО НЕЙРОНА ДЛЯ ІМПУЛЬСНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

О. Гниленко, А. Авербах
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
gnilenko@ua.fm; auerbach_a@ffeks.dnu.edu.ua

Обмеження напівпровідникової технології змушують шукати нові архітектурні рішення для підвищення продуктивності комп'ютерних систем. В останній час, у зв'язку з стрімким розвитком технологій нейронних мереж все більшу увагу привертають нейроморфні системи, що працюють за принципами роботи людського мозку. Такі системи найкращим чином пристосовані для виконання масових паралельних обчислень та забезпечують найвищу продуктивність при розв'язанні задач традиційних для сфери застосування нейронних мереж. Нейроморфні чипи на відміну від звичайних процесорів не емулюють нейронні мережі, а фізично побудовані як нейронні мережі. Кожен чип складається з кількох тисяч або навіть десятків тисяч з'єднаних між собою в єдину мережеву структуру елементарних обчислювачів, які функціонально відповідають нейрону.

Нейроморфний чип може бути побудований як класична штучна нейронна мережа – Artificial Neural Network (ANN), так і як імпульсна нейронна мережа – Spiking Neural Network (SNN). Остання є більш перспективною, оскільки її робота безпосередньо імітує функціонування мережі біологічних нейронів. В імпульсній нейронній мережі сигнали між нейронами передаються у вигляді коротких імпульсів – спайків. Нейрон генерує спайк максимальної амплітуди, коли зважена сума вхідних сигналів перевищує його потенціал дії. Такий нейрон можна реалізувати на базі існуючої напівпровідникової технології, а сам нейроморфний чип виконати у вигляді надвеликої інтегральної схеми [1,2].

В даному докладі представлено результати проектування штучного нейрона для імпульсної нейронної мережі нейроморфного чипа на базі КМОН технології. Блок-схема нейрона зображена на рис. 1. Два сигнали від інших нейронів, наприклад, від нейронів попереднього шару імпульсної нейронної мережі потрапляють до нейрона через синаптичні вхідні блоки [3], де сигнали або підсилюються, або послабляються в залежності від напруги зміщення на затворах паралельно з'єднаних МОН транзисторів p- та n-типів, які фактично формують збуджуючі та гальмуючі вагові коефіцієнти на кожному вході.

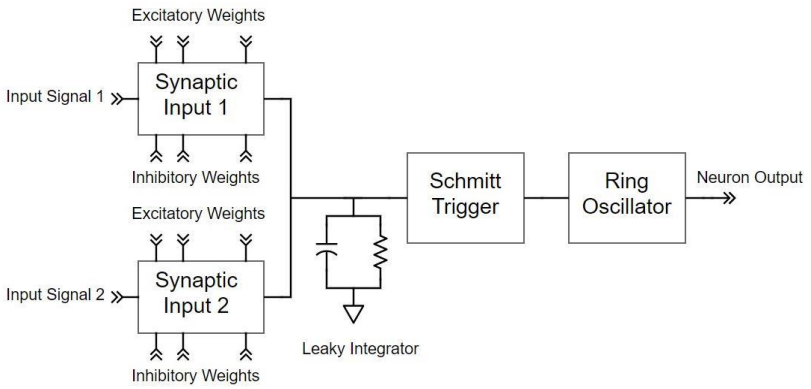


Рис. 1. Блок схема нейрона з двома синаптичними входами

Поведінка нейрона моделювалася при різних значеннях як вхідних сигналів, так і зміщень на затворах транзисторів збуджуючих та гальмівних кіл. На рис. 2 зображено часові діаграми сигналів в ключових точках нейрона у випадку, коли збуджуюча вага другого синаптичного входу вдвічі більша за збуджуючу вагу першого синаптичного входу, а гальмівні ваги на обох входах не використовувалися. Порогове значення напруги активації встановлюється тригером Шмітта і дорівнює в цьому випадку 2 В. На вихідній діаграмі добре видно, що коли сумарний постсинаптичний потенціал перевищує потенціал активації, на виході нейрона генерується послідовність імпульсів.

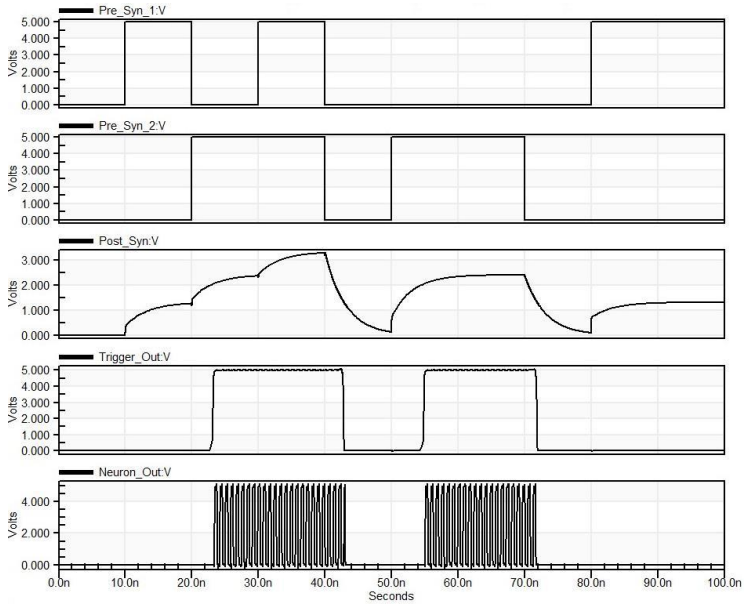


Рис. 2. Часові діаграми сигналів

[1] Indiveri G., Linares-Barranco B., Hamilton T.J. et al. Neuromorphic silicon neuron circuits. Frontiers in neuroscience. Vol. 5. Art. 73. (2011). P.1-23.
[2] Sun J. CMOS and memristor technologies for neuromorphic computing applications. Technical Report No. UCB/EECS-2015-219. (2015). [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2015/EECS-2015-219.html.
[3] Liu B., Frenzel J.F. A CMOS Neuron for VLSI Circuit Implementation of Pulsed Neural Network. Proc. of IEEE 28th Annual Conference of the Industrial Electronics Society. (2002). P. 3182-3185.

HARDWARE IMPLEMENTATION DESIGN OF AN ARTIFICIAL NEURON FOR A SPIKING NEURAL NETWORK

A. Gnilenko, A. Averbakh
Oles Honchar Dnipro National University
gnilenko@ua.fm; auerbach_a@ffeks.dnu.edu.ua

An artificial neuron is designed at transistor level for applications in spiking neural networks of neuromorphic silicon circuits. The neuron has two inputs for pre-synaptic signals with can be weighted by excitatory and inhibitory circuits. For the threshold circuit, Schmitt trigger is used which initiate the pulsed output by means of a ring oscillator. The neuron is simulated for various signals/weights and waveforms at different nodes are obtained to demonstrate the functionality of the designed circuit.

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ МАП ДИСПАРАТНОСТІ З МОНОТОННИМ ФОНОМ

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

Прискорений розвиток більшості галузей людської діяльності обумовлений активним впровадженням і розширенням інформаційних технологій з автоматизованими засобами обробки інформації. Одним із напрямків, який у зв'язку з цим неперервно вдосконалюється останні десятиліття, є машинний зір та його методи автоматизованого аналізу тривимірних сцен з використанням алгоритмів стереозору.

Для рішення завдання автоматизованого аналізу сцен одним з важливих етапів є обчислення віддаленості окремих фізичних точок від їх проекцій на площину камер. Така інформація стає надійною основою для подальшої оцінки різноманітних метричних параметрів об'єктів (розмірні характеристики, відносне позиціонування й положення в просторі), які в свою чергу можуть бути вхідними даними для систем прийняття рішень наступних рівнів [1].

Для стереоскопічних систем основним підходом до розрахунку далекомірної інформації є тріангуляція за координатами проекцій точки на зображеннях стереопари. Ключовим етапом алгоритмів стереозору, що передує тріангуляції, є обчислення мапи диспаратності (невідповідності). Існує низка локальних і глобальних варіантів обчислення мапи диспаратності на основі не менш ніж двох зображень, отриманих за допомогою стреоскопічної системи з опорного ракурсу зйомки, який зазвичай відповідає лівій камері, та зміщеного ракурсу. Характерним представником локальних алгоритмів обчислення мап диспаратності є Block matching та його модифікації [2].

Обчислення мапи диспаратності для алгоритму Block matching полягає в рішенні задачі мінімізації середньоквадратичної помилки між невеликими блоками зображень. Зважаючи на зниження ефективної роздільної здатності стереоскопічних систем зі збільшенням дистанції до об'єктів сцени, виникає необхідність виділення фонових пікселів, які далі не можуть бути використані для обчислення значень відстані.

Дана робота присвячена вдосконаленню мап диспаратності з монотонним фоном. Недоліком алгоритму Block matching є поява хибних значень диспаратності на границі монотонного фону та інформативної області, що належить об'єкту. Сама область є спотвореною прогалинами та розривами, спричиненими неоднорідністю освітлення, відсутністю проекцій точки на обох зображеннях, монотонністю деяких областей зображення тощо. З метою зменшення впливу вказаних недоліків та спираючись на попередньо відому інформацію про присутність монотонного фону, пропонується наступний алгоритм.

1. До початкового (лівого) півтонового зображення (рис.1а) застосовується операція виділення границь. 2. Формується бінарна маска за розмірами зображення, яка заповнена одиницями. 3. Для сформованої маски виконується скидання в нуль значень від краю кожної з чотирьох сторін до першого збігу з координатами, що відповідають виявленій границі на першому етапі. 4. Початкова мапа диспартності (рис. 2а) обробляється морфологічним оператором замикання для зменшення кількості розривів та прогалин, а також часткового вирівнювання перепадів диспаратності. 5. На отриману на 4 кроці мапу диспаратності накладається сформована на етапі 3 маска шляхом поелементного множення, яка значно краще пасує до границь об'єкта (рис.2б).

а б)

Рис. 1. Зображення з лівої камери (а), та границі об’єктів на цьому зображенні (б)

а б

Рис. 2. Мапа диспаратності об’єкта з монотонним фоном:
(а) – отримана алгоритмом Block matching, (б) – після обробки запропонованим методом

Отримані результати демонструють, що залежно від використаних на різних етапах параметрів й ступеня спотворення початкової мапи можна значним чином редукувати або повністю усунути негативний ефект неякісної роботи алгоритму Block Matching, значно покращивши інформативність мапи на цільових об’єктах.

[1] Forsyth D. A., Ponce J. Computer Vision - A Modern Approach, Second Edition. Pitman. (2012). 791 p.
[2] Wöhler, C. 3D computer vision. Efficient methods and applications / C. Wöhler. -2nd ed. - London: Springer-Verlag, 2013. -382 p.

IMPROVING THE QUALITY OF DISPARITY MAPS WITH A MONOTONOUS BACKGROUND

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

The problem of processing disparity maps with a monotonous background is considered. To improve the quality of disparity maps, the new algorithm using a binary mask and processing by morphological operators is proposed. Simulations confirmed the effectiveness of this approach for disparity maps with a monotone background.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ЯК МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ПІД ЧАС ОНЛАЙН ТЕСТУВАННЯ

А. Татарников
Харківський національний університет радіоелектроніки
andrii.tatarnykov@nure.ua

На сьогодні зростає популярність комп'ютерного тестування як засобу контролю успішності засвоєння студентами навчальних матеріалів. Це дозволяє прискорити процес контролю і забезпечує його об'єктивність. Однак процес тестування вразливий до зловживань з боку учнів - використання шпаргалок, допомога зі сторони інших учнів і т. і. Стеження за коректністю процесу тестування веде до зростання навантаження викладача. Особливо ця проблема актуальна зі збільшенням кількості студентів в навчальних закладах, та в зв'язку введенням в країні повністю дистанційної форми навчання, що відповідно збільшує навантаження на викладача та знижує об’єктивність самого тестування в цілому.

Зазначена проблема може вирішуватися як самими системами тестування так і завдяки використанню сторонніх програмних забезпечень [2]. Спеціалізовані системи моніторингу призначені для відстеження будь-сторонньої активності на комп'ютері студента: отримання поточних URL браузеру, переліку активних мережевих підключень, список підозрілих процесів, вміст буфера обміну і скріншоти робочого столу и т. і. Головним недоліком даних програм є те, що вони не запобігають використанню з боку студента додаткових приладів, наприклад телефону.

Рішенням даної проблеми може бути використання технологи комп'ютерного зору. Для даної технології класичною задачею є обробка зображень або відео потоку для пошуку та визначення наявності тих чи інших об’єктів, або будь якої активності [1]. Головною перевагою використання комп’ютерного зору є можливість в автоматизованому режимі стежити за діями студентів, без необхідності з боку викладача стежити за дотриманням правил під час тестування [2]. На даний час існує програма, яка в деякій мірі вирішує дану проблему - Екзамус [2].

Це програма створена для запобігання будь-яких спроб списування під час онлайн-тестування. Програма за допомогою математичного апарату сама може аналізувати поведінку студента. Якщо студент в момент тестування опускає очі або відвертається, програма відразу надсилає сигнал на сервер про те, що студент списує [2]. Також програма стежить за тим, щоб тестований не відходив і не замінював себе іншими людьми.

Головним же недоліком даної системи є її повна автономність у прийнятті рішень. Будь-яке опускання очей, або рухи під час тестування програма може розпізнати як спробу списування, та самовільно просто завершити тест, при цьому студент може і не порушував правила, а просто відволікся [2].

Запропоноване в роботі рішення полягає у використанні комбінованої системи контролю за процесом тестування. В даній системі поєднуються елементи звичайних систем моніторингу, так і алгоритмів системи, що побудована на основі комп'ютерного зору, наприклад FindFace [3]. Дана система може використовуватися для виявлення людей при роботі з тисячами камер в режимі реального часу, ідентифікованих осіб, розпізнавання осіб та детектування силуетів необмеженого числа людей і т. і. [3]. У момент виявлення будь-якої сторонньої активності відеокамерою, система буде зчитувати та звірятися з даними, які в цей момент отримали додаткові засоби контролю. Після чого на отримані данні будуть відправлятися, та зберігатися на сервері як докази.

В свою чергу, викладач, як під час самого тестування, так і після нього, зможе ознайомитися з результатами. Після чого зможе прийняти рішення про завершення тесту для конкретного студента.

[1] Машинний зір. Що це і як ним користуватися? Обробка зображень оптичного джерела [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://habr.com/ru/post/350918/
[2] Экзамус [Електронний ресурс]. Режим доступу : www/ URL: https://hitech.newsru.com/article/12aug2015/examus
[3] FindFace [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://findface.pro/

USE OF COMPUTER VISION TECHNOLOGY AS A METHOD OF CONTROL DURING ONLINE TESTING

A. Tatarnikov
Kharkiv National University of Radio Electronics
andrii.tatarnykov@nure.ua

Today, the popularity of computer testing as a means of monitoring the success of students' learning materials is growing. This speeds up the control process and ensures its objectivity. However, the testing process is vulnerable to abuse by students - the use of cheat sheets, help from other students, etc. Monitoring the correctness of the testing process leads to an increase in the teacher's workload. This problem is especially relevant with the increase in the number of students in educational institutions, and in connection with the introduction of a completely distance form of education in the country, which increases the burden on the teacher and reduces the objectivity of testing in general.

The solution to this problem may be the use of computer vision technology. For this technology, the classic task is to process images or video streams to search for and determine the presence of certain objects, or any activity [1]. The main advantage of using computer vision is the ability to automatically monitor the actions of students, without the need for the teacher to monitor compliance with the rules during testing [2]. Currently, there is a program that to some extent solves this problem – “Exam” [2].

The price of the program is designed to make it easy for you to write it off for an hour of online testing. The program behind the aid of the mathematical apparatus itself can analyze the behavior of the student. If a student at the time of the test is lowering his eyes, or to enter, the program immediately sends a signal to the server about those that the student will write off [2]. It is also a program to follow the team by not entering and not substituting for itself with other people.

The main disadvantage of this system is its complete autonomy in decision-making. Any lowering of the eyes or movements during testing can be recognized by the program as an attempt to write off, and arbitrarily simply complete the test, while the student may not have broken the rules, but simply distracted [2].

The proposed solution is to use a combined control system for the testing process. This system combines elements of conventional monitoring systems and algorithms of a system based on computer vision, such as FindFace [3]. This system can be used to detect people when working with thousands of real-time cameras, identified persons, face recognition and detection of silhouettes of an unlimited number of people, etc. [3]. When any third-party activity is detected by the camcorder, the system will read and verify the data that has received additional controls at that time. Then the received data will be sent and stored on the server as evidence. In turn, the teacher, both during testing and after it, will be able to see the results. Then he will be able to decide on the completion of the test for a particular student.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО СКЛАДНОГО ОБ'ЄКТУ В СИСТЕМІ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

І. Хаін
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ilona.khain@gmail.com

У сучасній техніці активні матеріали, такі як п'єзоелектрична кераміка використовуються як джерела звуку великої потужності, мініатюрні генератори високої напруги. Найчастіше людина зустрічається з такими матеріалами у запальничках. П'єзоелектрики широко використовуються як функціональні складові багатьох інженерних систем, включаючи датчики (медичні, тактильні), резонатори, перетворювачі, виконавчі механізми [1].

Проблема полягає у тому, що ці матеріали страждають від різних механічних та/або електромагнітних механізмів руйнування, таких як втома, пошкодження, руйнування.

У роботі була розв'язана та програмно реалізована задача плоскої деформації для двох п'єзоелектричних напівпросторів, зчеплених між собою дуже тонким ізотропним прошарком з тріщиною, під дією віддаленого змішаного механічного навантаження та електричного потоку, який є перпендикулярним площині тріщини. Тріщина розташована або на межі розділу, або в прошарку (рис.1). Вважаємо, що основи набагато жорсткіші, ніж проміжний шар. Отже, зони попереднього руйнування (передруйнування) виникають на продовженні тріщини. Нормальні та зсувні напруження вважаються постійними в цих зонах і задовольняють деяке рівняння матеріалу, яке можна взяти з теорії або отримати експериментально.

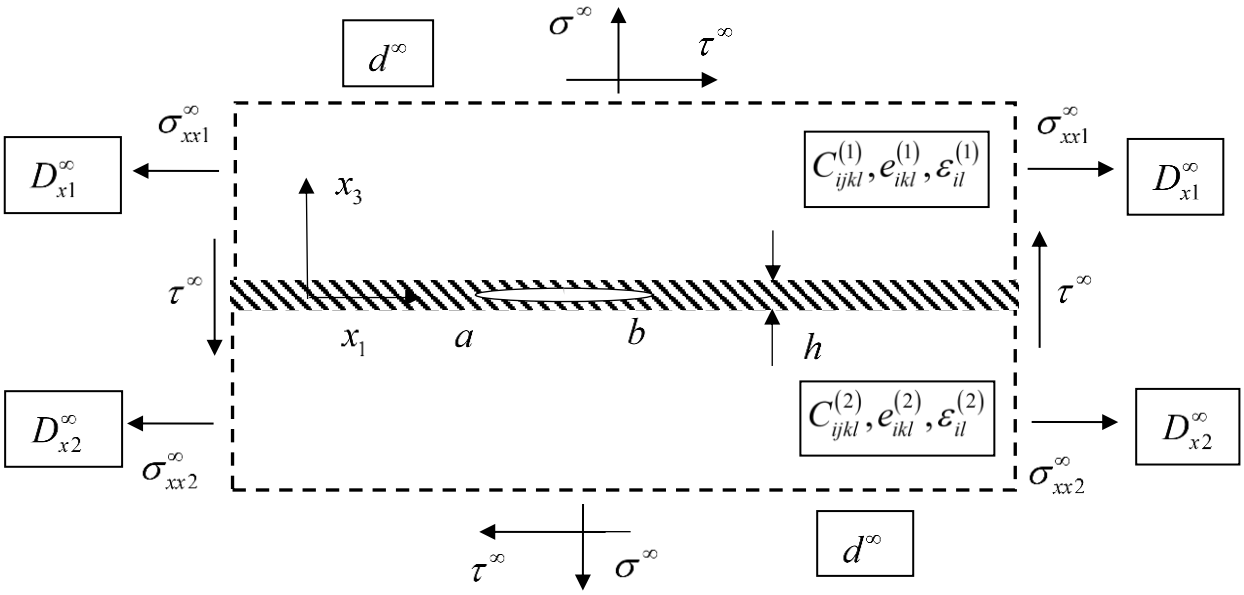


Рис. 1. П'єзоелектричний біматеріал з міжфазною тріщиною під дією механічного навантаження і електричного потоку на нескінченності

Вводячи зони передруйнування задача була зведена до крайової задачі Рімана-Гільберта, яка розв'язується в аналітичному вигляді [2]. У роботі розраховані варіації довжин зон передруйнування (Δ_a, Δ_b), напруги у цих зонах і розкриття тріщини у

початковій вершині тріщини в залежності від інтенсивності віддаленого розтягуючого навантаження.

Також досліджується вплив віддаленого напруження зсуву σ відносно параметрів разом зі зміною електричного потоку вздовж границі розділу матеріалів. Відповідно до описаної моделі усі механічні і електричні характеристики обмежені в області вершини тріщини, тобто виключені усі особливості, пов'язані з тріщиною. Крім класичного випадку, розглядаються випадки:

- симетричного навантаження ($\tau^{\infty} = 0, a = -b, a_1 = -b_1, \sigma' = \sigma, \tau' = \tau$);
- однорідного матеріалу ($\tau = \tau' = 0, \sigma = \sigma', a = -b, a_1 = -b_1$).

Програмний продукт розроблено з використанням мови програмування Java у середовищі Intellij IDEA. Вхідними даними, які вводить користувач, слугують фізичні характеристики матеріалів: c, e, ε - пружні, п'єзоелектричні та діелектричні константи, відповідно, межа текучості міжфазного прошарку σ_T, вид навантаження. Ці дані обробляються модулями програми і у якості результату роботи програми формується таблиця зі значеннями $\frac{\sigma^{\infty}}{\sigma_T}, \frac{b_1-b}{b}, \frac{\sigma}{\sigma_T}, \frac{\tau}{\sigma_T}, \frac{\delta_1^b}{b}, \frac{\delta_2^b}{b}$ для лівої вершина та аналогічно для правої вершини, а також графічне представлення варіації відносної довжини зони передруйнування, напружень в цій зоні і розкриття тріщини в початковій вершині відносно інтенсивності зовнішнього навантаження.

За результатами тестування програми на різних біматеріалах, складених з характерних п'єзокерамік PZT-4, PZT-5, PZT-5H, SiC, можна зробити висновок, що значення напружень в зонах передруйнування мало залежать від величин параметрів зовнішнього навантаження, але довжина зони передруйнування і розкриття тріщини залежить суттєво і до того ж нелінійно від цього параметра. Крім того, значення довжини зони передруйнування залишаються досить малими в порівнянні з довжиною тріщини, навіть для відносно великого зовнішнього навантаження.

[1] Herrmann K. P. Fracture mechanical assessment of electrically permeable interface cracks in piezoelectric bimaterials by consideration of various contact zone models / K. P. Herrmann, V. V. Loboda // Archive of Applied Mechanics. – 2000. – Vol. 70. – P. 127–143.

[2] Мусхелишвили Н. И. Некоторые основные задачи математической теории упругости / Н. И. Мусхелишвили. – М.: Наука, 1966. – 708 с.

COMPUTER SIMULATION OF THE BEHAVIOR OF A PIEZOELECTRIC COMPLEX OBJECT IN A NON-DESTRUCTIVE CONTROL SYSTEM

I. Khain
Oles Honchar Dnipro National University
ilona.khain@gmail.com

Computer model for plane strain problem for two piezoelectric half-spaces with crack in the interlayer was developed. This software helps to receive numerical and graphical results for this problem. Presentations for the crack opening at the initial crack tips and electrical displacement can be obtained by user after inputting elastic, piezoelectric and dielectric constants for half-space materials and choosing pre-fracture zone lengths, stresses in these zones. The influence of the remote shear stress upon the mentioned parameters can be shown along with the variation of the electrical flux along the material interface.

КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ТРІЙКОВОЇ ЛОГІКИ

Ю. Гунченко[1], Л. Мартинович[1], К. Тихонова[1], Д. Слуцький[2]
[1]*Одеський національний університет імені І.І. Мечникова*
[2]*Одеський національний морський університет*
larysa.yaroslavna@gmail.com, 7996445@gmail.com

Вузли та блоки сучасних обчислювальних систем будуються на двійковій логіці. У той же час існуючі системи вже практично вичерпали потенціал розвитку, не створюються принципово нові рішення. Ефективним шляхом подальшого розвитку елементної бази є створення принципово нових технічних рішень на основі недвійкових, багатозначних логік.

Відома велика кількість різноманітних рішень на основі багатозначних систем числення, більшість з яких пов'язані з трійковою системою, так як вона найекономічніша. Науково-технічною проблемою створення систем багатозначної логіки є відсутність перевірених схемотехнічних рішень і укорінена думка про складність подібних систем. Недвійкові елементи є більш складними, проте за рахунок зменшення кількості елементів і зв'язків між ними – недвійкові системи можуть виявитися більш простими, при цьому володіти великими логічною і арифметичною потужностями, простим формальним описом.

Одним з варіантів вирішення поставленої проблеми є реалізація елементів на основі багатопорогового елемента багатозначної логіки (БПЕБЛ) [1]. Особливості запропонованої структури: **с**истема оперує не з потенціальними, а зі струмовими значеннями сигналів, тому виходи БПЕБЛ можуть об’єднуватися у довільній кількості, але подаватися сигнал може тільки на вхід одного елемента; можливість формування будь якої кількості порогів, які БПЕБЛ в змозі розрізняти. Від кількості порогів БФП залежить кількість рівнів вхідної змінної, які БПЕБЛ в змозі розрізнити й, відповідно, розрядність змінної або складність операцій, які можуть виконуватися.

Для прикладу, розглянемо побудову трійкового напівсуматора на основі БПЕБЛ, для чого запропоновано наступну структуру (рис. 1). БФП – блок формування порогів, ЕП1…ЕП4 – емітерні повторювачі, СП1…СП6 – струмові перемикачі.

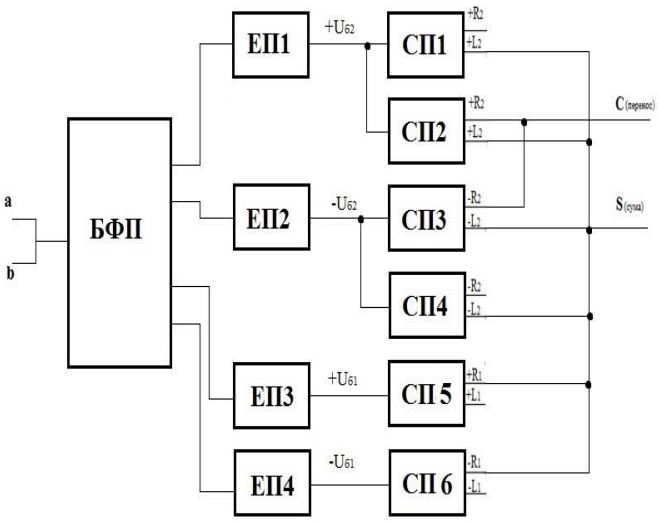


Рис. 1. Структура трійкового напівсуматора

В таблиці 1 наведено значення виходів S – суми та C – переносу, а також показано яким чином вони отримуються з вихідних сигналів струмових перемикачів СП1…СП6. З табл. 1 випливає, що:

$$S=2(+L_2(ab), -L_2(ab)) + (+R_1(ab), -R_1(ab))$$
$$C=(+R_2(ab), -R_2(ab))$$

Для отримання суми S поєднуємо виходи $+L_2$ СП1 та СП2, $-L_2$ СП3 та СП4, $+R_1$ СП5, $-R_1$ СП6, а для отримання переносу C поєднуємо виходи $+R_2$ СП2, $-R_2$ СП3.

Таблиця 1. Значення виходів суми S та переносу C від вхідних сигналів та функції Terlev

a	b	terlev	S	$2(+L_2(ab), -L_2(ab))$	$+R_1(ab), -R_1(ab)$	C	$+R_2(ab), -R_2(ab)$
–	–	– –	+	+ +	–	–	–
–	0	–	–	0	–	0	0
–	+	0	0	0	0	0	0
0	–	–	–	0	–	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	+	+	+	0	+	0	0
+	–	0	0	0	0	0	0
+	0	+	+	0	+	0	0
+	+	+ +	–	– –	+	+	+

Невикористані виходи можна застосувати в інших частинах складних систем.

Таким чином, в роботі показано можливість використання БПЕБЛ для побудови елементів пристроїв на основі трійкової логіки, та наведено приклад побудови трійкового однорозрядного напівсуматора, який має значно простішу архітектуру та є більш логічно-потужним у порівнянні з відомими системами [2,3].

[1] Пат. UA 118735 Україна, МПК (2017.01) H03K19/00. Багатопорговий елемент багатозначної логіки / Гунченко Ю.О. Заявка 23.03.2017, опубл. 28.08.2017.
[2] Пат. 2461122 Россия, МПК (2006.01) H03K19/00. Узел троичной схемотехники и дешифраторы-переключатели на его основе. Опубл. 10.09.2012.
[3] Пат. 19832101 Германия. Realisierung Ternärer Grundschaltungen in CMOS Technologie (Реализация троичных базовых схем в КМОП-технологии), Josef von Stackelberg. Заявл. 17.07.1998, опубл. 27.01.2000.

CONCEPT OF CONSTRUCTION OF DEVICES FOR TRIPLE LOGIC

L. Martynovych[1], Yu. Gunchenko[1], K. Tykhonova[1], D. Slutsky[2]
[1]Odesa Mechnykov national university
[2]Odesa national marine university
larysa.yaroslavna@gmail.com, 7996445@gmail.com

The creation and usage fundamentally new solutions based on non-binary systems of calculation are shown. A multi-threshold element of multivalued logic (MTEML) is offered, based on which logical and arithmetic devices can be created. The MTEML operates with the current values of the signals what allows to form any number of thresholds for distinguishing the input signals or their sums. The function terlev describes the set of input signals of the MTEML and output signals that can be united to form the necessary functions. The structure of the ternary half-adder and the principles of combining its outputs to obtain sum and carry signals are shown. The paper shows that the proposed systems and new solutions based on MTEML are much simpler than known existing analogues.

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ КЛІЄНТСЬКОГО ДОДАТКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ШАБЛОНУ MVC

В. Лисенко, О. Литвинов, Н. Карпенко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
vladyslav.l1988@gmail.com

З часом змінюються технології та методики побудови програмного забезпечення. Клієнт-серверна архітектура набула своєї популярності завдяки динамічному розвитку мережі Інтернет та зосередженню даних на серверах [1]. Отже, актуальним питанням є дослідження особливостей побудови клієнтської системи, а саме, проектування веб-клієнту.

У сучасних веб-орієнтованих системах найчастіше під час проектування клієнтських веб-додатків використовують архітектурний шаблон Model-View-Controller (MVC). Використання даного шаблону гарантує пристосування системи до навколишніх змін (бізнес-правил тощо) завдяки розподіленню відповідальностей між компонентами трьох типів: моделі (Model), презентації (View) та контролера (Controller) [2]. Модель у класичному випадку відповідає за бізнес логіку, тобто являє собою систему, доступ до якої з боку користувача відбувається через застосування візуальних компонентів, множина яких складає шар View. Контролер відповідає за зв'язок компонентів типу Model з компонентами типу View. Але у ряді випадків застосування в якості моделі компонентів шару бізнес-логіки не буде ефективним. Наприклад, у разі існування декількох варіантів клієнтських додатків (мобільного, деск-топ, веб), або у разі використання сервісної частини системи іншими, зовнішніми сервісами. При таких обставинах доцільно архітектурно відокремити бізнес-логіку від клієнтської частини з використанням веб-сервісу, доступ до якого може бути організований з використанням стандартних протоколів (SOAP, HTTP, WebSockets).

У разі веб-клієнту для організації слабкого зв’язування необхідно використовувати незалежний шар, що відповідає за віддалений доступ до сервісу. Доцільно реалізувати цей шар у вигляді інтерфейсу-контракту, що описує фасад сервісу, тобто представляє множину методів, які даний сервіс виконує. Завдяки цьому отримується подвійна вигода:

- ✓ відокремлення сервісу;
- ✓ можливість розробки клієнту без існуючого розробленого сервісу (використання заглушки).

Таким чином відбувається зміщення ролі, яку відіграє Model в шаблоні MVC: у класичному розумінні шаблону Model відповідає за внутрішню логіку системи, а в запропонованому підході в якості Model виступає реалізація інтерфейсу-фасаду сервісу. За рахунок цього реалізується «тонкий» клієнт, що є перевагою, оскільки саме таке розподілення функціоналу забезпечує більшу гнучкість системи порівняно з веб-додатком, побудованим за класичним шаблоном MVC.

Для налагодження системи сервіс-клієнт можна використовувати в якості симулятора-заглушки (stub) з набором даних для тестування роботи додатку на стороні клієнта. Такий підхід може замінити реальний сервер на час його відсутності. Це дозволить зекономити час розробки програмного забезпечення за рахунок того, що не потрібно очікувати готовий до роботи сервіс.

Завдяки використанню запропонованого вище підходу сервіси для інших клієнтів стають доступними. Web API використовує шлях до необхідного методу за вказаними

адресою, іменем контролеру та параметрами і звертається до відповідної функції сервіс-клієнту, який у свою чергу спілкується з сервісом для передачі необхідних даних або, навпаки, зворотного зв'язку. Отриманий результат сервісної обробки логіка моделі клієнта передає компонентам шару View, що відповідають за презентацію цих результатів користувачеві.

В якості пілотного проекту для тестування описаного рішення було створено додаток, який працює з нотатками. Додаток здатен додавати, оновлювати, видаляти та виводити нотатки відповідного користувача. Такий додаток крім тестування технологій може служити для підготовки розробників для роботи з більш складними системами подібної архітектури та побудованими з використанням подібного стека технологій. Ядро системи на стороні серверу - це сервіс, побудований з використанням технології SignalR. Веб-клієнт побудований з використанням фреймворку Angular та технології ASP.NET Core. Після завершення пілотного проекту було вирішено використовувати даний підхід для побудови веб-клієнту системи управляння навчальним процесом.

До особливостей технічного рішення слід віднести наступне. Коннектор та контролер написані на мові програмування C#, що допомагає забезпечувати прямий зв'язок між собою. Angular є фреймворком, який призначений для роботи з іншими мовами програмування (TypeScript, Dart, JavaScript). Для таких цілей існує механізм Web API – засіб побудови веб-додатку на ASP.NET Core, який призначений для роботи в стилі REST (Representation State Transfer). REST-архітектура передбачає застосування таких методів або типів запитів HTTP для взаємодії з сервером: GET, POST, PUT, DELETE [3].

Таким чином, використання даної методики дозволяє на клієнтській стороні виключити необхідність постійної взаємодії з сервісом, покращити тестуємость, гнучкість та стійкість системи. Результати роботи можуть бути з успіхом використовуватись як у навчальному процесі кафедри ЕОМ, так і для практичної роботи.

[1] Angular и TypeScript. Сайтостроение для профессионалов. [Текст]/ Яков Файн, Антон Моисеев – СПб.: Питер, 2018. – 464 с.
[2] ASP.NET Core MVC с примерами на C# для профессионалов. 6-е издание [Текст]/ Адам Фримен: Вильямс, 2016. – 992 с.
[3] Designing Evolvable Web APIs with ASP.NET [Текст]/ Glenn Block, Pablo Cibraro, Pedro Felix, Howard Dierking, Darrel Miller: O'Reilly Media, 2014. – 538 с.

FEATURES OF BUILDING A CLIENT-SIDE APPLICATION USING MVC

V. Lysenko, A. Litvinov, N. Karpenko
Oles Honchar Dnipro National University,
vladyslav.l1988@gmail.com

Modern web-based systems often use the MVC architectural template when designing client web applications. The model is responsible for business logic in the classical case, so it is a system that is accessed by using of visual components. But in some cases, the use of business logic layer components as a model will not be effective. In such circumstances, it is advisable to separate architecturally the business logic from the client part by an independent layer, as this distribution of functionality provides greater flexibility of the system.

СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ В СЕРЕДОВИЩІ UNITY

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

Останнім часом набуває розвиток концепція моделювання природних та технічних систем і процесів за допомогою програмних засобів розробки комп'ютерних ігор, одним з яких є середовище Unity [1]. Застосування вказаної концепції відкриває широкі можливості по моделюванню різних сценаріїв функціонування технічних систем, як на етапах проектування, так і в процесі експлуатації. Зокрема, розробка віртуальних засобів моделювання технічних, а також и природних систем відкриває нові можливості по комплексному прогнозуванню результатів відпрацювання сценаріїв характерних для модельованих систем. Інструментарій середовища розробки Unity 3D дозволяє розробити віртуальне оточення, в тому числі і чинне в рамках певних законів фізики та інших природничих наук, після чого помістити в це оточення керований користувачем об'єкт наділивши його функціями інтерактивної взаємодії з навколишнім простором і об'єктами [1,2].

Метою даної роботи була розробка варіанту програми з застосуванням інструментарію Unity, що дозволяє відстежувати розвиток генетичного алгоритму. В якості прикладу використана відома модель світу-акваріуму, в якому знаходяться клітини, що мають набори таблиць команд - складових алгоритму їхньої поведінки (рух за певним напрямом, обертання , поглинання поживної речовини, реакція на отруту).

При створенні програми використанні наступний сценарій.

Світ – це поле розміром 16х32 осередки, в якій знаходяться живі клітини, поживні речовини і отрута. Кожна жива клітини мають 64 команди-гена. При першій появі клітини створюються випадково, при наступних ітераціях світу, залежать від команд-генів клітин, що вижили. Кожна клітина має термін життя в 50 дій, по закінченню яких – гине. Тривалість життя клітина може збільшити за рахунок поглинання поживної речовини. При поглинанні отрути, клітина гине і залишає на своєму місці отруту. Ітерація світу триває до тих пір, поки з 32 початкових клітин в живих не залишається вісім або менше клітин. Після цього з решти створюються тридцять дві нових, методом копіювання генів старих клітин в нові. Також в чверті останніх клонах відбувається зміна-мутація восьми випадкових генів. Після появи нових клітин починається нова ітерація світу.

Створена для реалізації такого сценарію програма базувалась на такому алгоритму рішень: створення випадковий наборів команд дій клітини (перше покоління); відсортування наборів команд поточного покоління; створення нових наборів команд дій клітини на основі відсортованих наборів; відсортування наборів команд поточного покоління. Структура вікон програми зображена на рис. 1.

Програма дозволяє спостерігати за симуляцією еволюції алгоритму, що складається з набору команд, на прикладі еволюції життя клітини. Можливо управління камерою використовуючи мишку комп'ютера. На початку кожної ітерації світу, є можливість подивитися набори команд клітин прабатьків, а також відстежується подовженість існування даних наборів команд. Дана інформація виводитися під час паузи при відкритті спеціального вікна. Також вона дублюється в текстові файли, з назвою номера ітерації світу. Можливе налаштування швидкості швидкодії клітин.

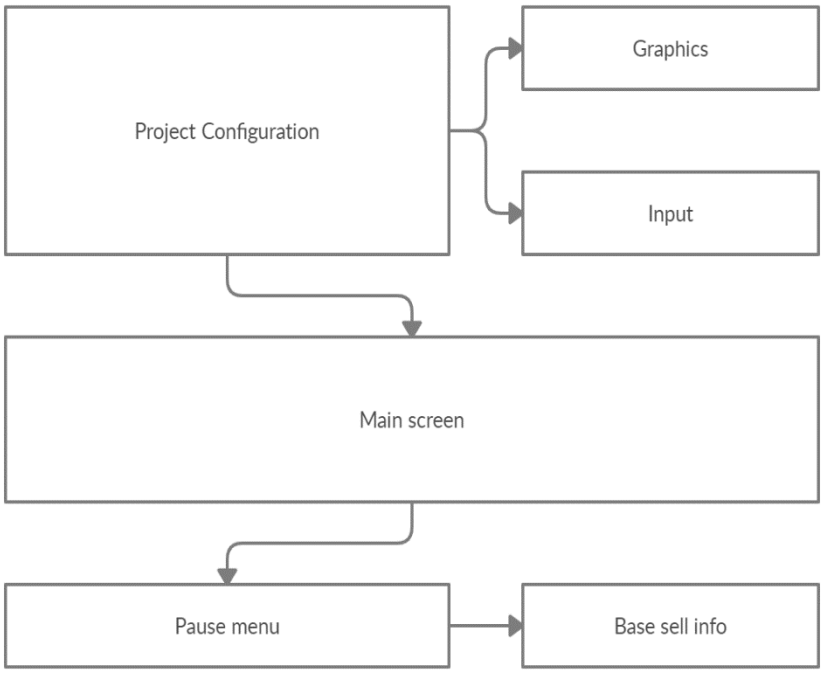


Рис.1. Структура вікон програми

Project Configuration – початкове вікно програми; Input – меню для налаштування клавіш вводу; Graphics – меню для налаштування графічних параметрів; Main screen – головне вікно програми; Pause menu – вікно паузи виконання програми; Base sell info – вікно з попередніми наборами команд.

Тестування показали працездатність роботи програми та можливість реалізації основних функції, які дозволяють розв’язувати задачі пов’язані з застосування підходів на основі генетичних алгоритмів

[1] Ульянов Р. С. Моделирование технических систем в среде Unity 3D / Р. С. Ульянов, С. В. Прокопьев, В. В. Делибалтов. // Молодой ученый. – 2015. – № 11 (91). – С. 452-455. – URL: https://moluch.ru/archive/91/19865/ (дата обращения: 15.10.2020).
[2] Стоволосов Е. В. Моделирование передвижения «лунохода-1» по поверхности луны / Е. В. Стоволосов, А. Ю. Быстров // IX Международные научный конгресс и выставка ИнтерЭкспо Гео-Сибирь – 2013. – № 1. – с. 54-58.

CREATION AND RESEARCH OF SOFTWARE IMPLEMENTATION OF GENETIC ALGORITHM IN THE UNITY ENVIRONMENT

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

The purpose of this work was to develop a version of the program using the tools of Unity, which allows you to track the development of a genetic algorithm. As an example, we use a known model of the aquarium world, which contains cells that have sets of command tables. As a result, we received a work program that provides step-by-step development of the genetic algorithm during its execution.

НЕЧІТКЕ І НЕЙРОМЕРЕЖОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

Л. Дранишников, Є. Димов
Дніпровський державний технічний університет
dymov.eugene@gmail.com

Проблема створення бази правил представляє одну з ключових завдань при побудові нечіткого логічного контролера. Для її рішення використовуються різні методи: інтерв'ювання досвідченого оператора, або фіксування рішень, прийнятих оператором в різних ситуаціях, або відстеження бажаної траєкторії управління.

У даній роботі пропонується нечітка адаптація параметрів настройки ПІД-регулятора, що дозволяє враховувати нелінійні властивості об'єкта і забезпечувати необхідну якість регулювання при використанні пошукових алгоритмів програмного продукту SIMULINK.

Нечіткий адаптивний ПІД-регулятор складається з лінійного ПІД-регулятора, описуваного співвідношенням

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (1)$$

і блоку нечіткої адаптації пропорційного Kp, інтегрального Ki і диференціального Kd коефіцієнтів, що містить операції фазифікації входів (помилка e = y0 - y і її швидкість), нечіткі правила, нечіткий висновок і операцію дефазифікації трьох виходів, тобто визначення та уточнення Kp, Ki, Kd. Змінні e і e '= de / dt змінюються в діапазоні [-3, 3], коефіцієнти: Kp - в діапазоні [-0.3, 0.3]; Ki - в діапазоні [-0.06,0.06] і приймають 7 лінгвістичних значень NB, NM, NS, Z, PS, PM, PB (негативне велике, негативне середнє, негативне мале, нуль, близьке до нуля, позитивне мале, позитивне середнє, позитивне велике).

Основні правила побудови трьох груп нечітких правил, що зв'язують помилку e і її похідну e 'з трьома коефіцієнтами Kp, Ki, Kd:

1) якщо e відносно велике, то для зниження e слід збільшити Kp і зменшити Kd, а також виключити інтегральний вплив;

2) якщо e і e' допустимі, то слід зменшити Kp до деякої необхідної величини для зниження перерегулювання і впливу на систему;

3) якщо e дуже мало, треба збільшити Kp і Ki, щоб система володіла стійкістю. Потрібно так змінити Kd, щоб уникнути коливання в системі. Якщо e мало, то збільшуємо Kd, якщо e 'велике, зменшуємо Kd.

Нечіткі правила бази знань, за допомогою яких уточнюються пропорційний коефіцієнт Kp (табл.1), інтегральний коефіцієнт Ki диференційний коефіцієнт Kd записуються у вигляді: R_p^1 :Якщо e є NB, e' є NB, то Kp є PB, Ki є PS, Kd є NB,

База правила будувалася в FIS-редакторі з нечітким висновком за алгоритмом Мамдані.

В процесі моделювання виводяться графіки входу і виходу оптимального перехідного керованого процесу.

Замкнута система управління в пакеті динамічного моделювання Simulink у вікні MATLAB, що містить блок нечіткої адаптації, що настроюється ПІД - регулятор, а також об'єкт управління з функцією передачі (рис.1), показана на рис.1. Початкові значення коефіцієнтів Ke = 1, Kde = 1, Kp0 = 1, Ki0 = 1, Kd0 = 1. Для настройки нечіткого ПІД-

регулятора з метою оптимізації і поліпшення якості перехідного процесу можна скористатися блоком Response Optimizaton викликавши вікно блоку оптимізації Check Step Response Characteristics, в якому задаються необхідні параметри, що підлягають автоматичному налаштуванню. У вікні "Design Optimization" запускається процес оптимізації параметрів регулятора, натиснувши кнопку Optimaze.

Таблица1. База продукционных правил коэффициента K_p

e / ***de/dt***	**NB**	**NM**	**NS**	**Z**	**PS**	**PM**	**PB**
NB	PB	PB	PM	PM	PS	Z	Z
NM	PB	PB	PM	PS	PS	Z	NS
NS	PM	PM	PM	PS	Z	NS	NS
Z	PM	PM	PS	Z	NS	NM	NM
PS	PS	PS	Z	NS	NS	NM	NM
PM	PS	Z	NS	NM	NM	NM	NB
PB	Z	Z	NM	NM	NM	NB	NB

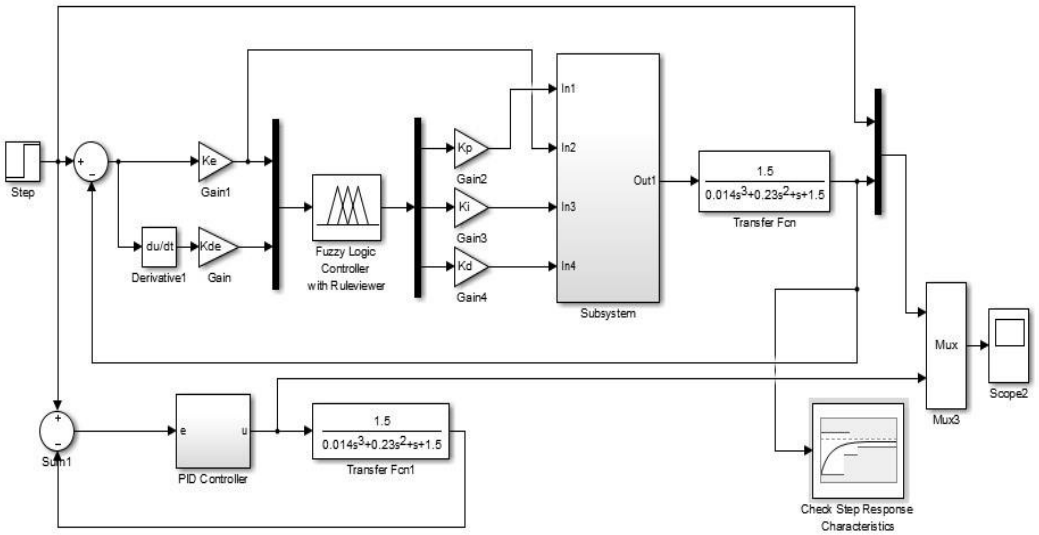


Рис. 1. Система з нечітким адаптивним ПІД-керуванням і ПІД – регулятором

Модель системи з нечітким регулятором і отриманої базою правил досліджена з точки зору перехідних процесів по "помилку", "похідною помилки" і "виходу" при стрибку сигналу завдання і при незмінних параметрах об'єкта управління. Вихід об'єкта управління системи з нечітким адаптивним ПІД-керуванням має менше перерегулювання і кількість коливань.

Висновки. В роботі розглянуті питання побудови і настройки нечіткого адаптивного ПІД-регулятора, що складається з блоку нечіткої адаптації, нечітких коефіцієнтів лінійного ПІД-регулятора.

Як показали результати моделювання, при незмінних параметрах об'єкта регулювання системи з нечіткими регуляторами, реалізованими на основі характеристик вже існуючих систем, мають кращі динамічні показники в порівнянні з класичними системами. При цьому як у класичній, так і в системі з нечітким регулятором час досягнення вихідної величини заданого значення приблизно однакове.

FUZZY AND NEURAL NETWORK MODELING IN CONTROL SYSTEMS

L. Dranishnikov, E. Dymov.
Dniprovsk State Technical University
dymov.eugene@gmail.com

The report discusses the issues of constructing adaptive fuzzy PID controllers, which are widely used in automatic process control systems. When constructing models and the rule base, MATLAB tools were used - Simulink, fuzzy Logic Toolbox. The simulation results showed that with constant parameters of the control object, systems with fuzzy controllers have better dynamic performance compared to classical systems.

ВИЗНАЧЕННЯ АНОМАЛЬНОЇ ПОВЕДІНКИ ОПЕРАЦІЙНИХ СИСТЕМ

О. Волковський, І. Сокол
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
ivansocol18@gmail.com

Повсюдне впровадження інформаційних технологій, підвищення складності інформаційних систем, збільшення об’ємів і цінності інформації [1] приводить до актуалізації питання безпеки та стабільності інформаційних процесів. Операційні системи, як середовище функціонування інформаційної системи, постійно зустрічаються з великою кількістю факторів, що негативно впливають на інформаційні процеси. Це можуть бути помилки в програмному коді системи, необережні дії користувача або свідоме зловмисне втручання. Відхилення стану процесів інформаційної системи від допустимого (нормального) буде вважатися аномальною поведінкою.

Математичні методи детектування аномалій потребують розробки моделі кількісної оцінки аномалій. Будь-які аномалії в ОС тим чи іншим чином проектуються на її процеси (задачі). Це може бути незвичайно високе навантаження на ЦПУ та мережеві інтерфейси, використання великого об’єму пам’яті, отримання більш високих пріоритетів і т.д. З точки зору співвідношення швидкості отримання даних та їх інформативності, модель кількісної оцінки аномалій на основі стану та характеристик процесів являється цілком гідним рішенням.

В зв’язку з цим було проведено дослідження методів отримання характеристик процесів в операційних системах Linux та Windows. Для дослідження був взятий дистрибутив Linux Mint 19.3 та ОС Windows 10 Pro. Розглянуті методи актуальні як для інших дистрибутивів Linux, так і для більш старших випусків Windows. Для оцінки процесів були обрані наступні характеристики: назва процесу, ідентифікатор процесу, повний шлях до програми, відсоток використання процесом ЦПУ, об’єм зайнятої оперативної пам’яті, пріоритети виконання, власник процесу, використання мережі та диску.

В Linux більшість інформації можна отримати з віртуальної файлової системи «/proc». В ній дані кожного процесу знаходяться у вигляді звичайних, зрозумілих для

людини, текстових фалів. Задачею розробника в даному випадку є парсинг тексту. Але в Linux підтримується POSIX функція FILE * popen(const char *command, const char *type), за допомогою якої можна направляти текстове виведення процесу у конвеєрний потік, що асоціюється з файлом. Це дає можливість застосувати стандартні консольні додатки Linux, що значно зменшують трудовитрати розробника. Наприклад, можна використати додаток top, що надасть загальні характеристики процесів в системі. Для більш вузької задачі, такої як моніторинг використання мережі, можна застосувати сторонній додаток з відкритим вихідним кодом Nethogs. Код Nethogs можна легко модифікувати та застосовувати у власних додатках.

В Windows для отримання характеристик процесів необхідно застосовувати інтерфейси WinAPI. WinAPI має велику кількість зручних функцій для роботи з процесами. Але реалізація моніторингу за мережею достатньо складна. Звичайно, можна застосовувати трасування подій для Windows (ETW). Однак, провайдери подій в Windows змінюються від випуску до випуску. Плюс до цього, якщо ми трасуємо події UDP та TCP в реальному часі, це зумовлює необхідність аналізувати кожну дрібну подію та записувати її в характеристики певного процесу. Подібна реалізація буде не продуктивною. З цієї точки зору, було прийнято рішення про об’єднання читання/запису в мережі та в дисковому просторі. Ці дані можна отримати за допомогою простої функції BOOL GetProcessIoCounters(HANDLE hProcess, PIO_COUNTERS lpIoCounters). Такий варіант може виявитися цілком інформативним та ефективним. Якщо підтвердиться ефективність подібного рішення, то є можливість провести таку ж оптимізацію і в системі Linux.

Загалом, при фіксації характеристик будь-якої системи дані діляться на дві частини: статичні дані (назва процесу, ім’я власника і т.д.) та дані, для вирахування яких необхідний час (використання ЦПУ, використання мережі та дискового простору). При цьому, необхідно як можна ефективніше вмістити обчислення в короткий проміжок часу, адже деякі процеси можуть достатньо швидко зникати після їх створення. Наприклад, в системі Windows диспетчер задач оновлює данні з періодичністю приблизно в 1 секунду. Тому була розроблена загальна схема процесу отримання характеристик (рис. 1).

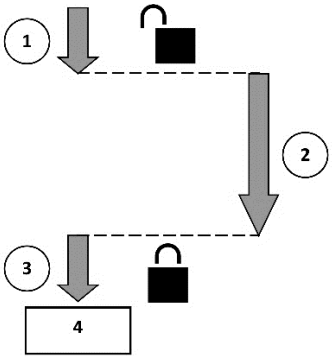


Рис. 1. Загальна схема ходу отримання характеристик процесів ОС:
1) – початкова фіксація залежних від часу даних; 2) – зчитування статичних даних; 3) – кінцева фіксація залежних від часу даних; 4) – знаходження різниці між початковою фіксацією і кінцевою

Підрахунок використання ЦПУ чи мережі виконується за деякий період часу, який встановить розробник (наприклад, близько 1 секунди). Якщо після цього виконувати зчитування статичних характеристик, то це буде зовсім непродуктивно. Ідея наведеної схеми на рис.1 полягає у тому, що в період очікування кінцевої фіксації, зчитування статичних даних відбувається у дочірньому потоці. Також, необхідно застосувати механізм блокування загальних ресурсів (наприклад, м’ютекс) для того, щоб забезпечити виконання задачі дочірнім потоком та позбутися стану конкуренції.

Дослідження виконувалось на ЦПУ i3-3217U 1.8GHz та Windows 10 Pro. Звільнення та захоплення м'ютекса, а також перевірки пов'язані з цим механізмом займають не більше 20 мс. Періода очікування в 500 - 700 мс цілком достатньо для отримання адекватної характеристики навантаження процесу на ЦПУ та інтерфейси вводу/виведення. Процес отримання статичних характеристик в дочірньому потоці займає близько 400 мс.

Фіксація характеристик процесів системи відбувається швидко, і цілком вкладається в 1 секунду, що дозволяє відловлювати процеси з коротким життєвим циклом. А отже, досліджена схема показала свою ефективність.

[1] Мониторинг и анализ поведения пользователей компьютерных систем / И. В. Машечкин, М. И. Петровский, С. В. Трошин // Пробл. программирования. - 2008. - N 2/3 (спец. вип.). - С. 541-549. - Библиогр.: 11 назв. - рус.

ANOMALOUS BEHAVIOR IDENTIFICATION IN OPERATING SYSTEMS

O. Volkovskyi, I. Sokol
Oles Honchar Dnipro National University
ivansocol18@gmail.com

The problem of anomalous behavior identification in operating systems is discussed. To solve this problem, it is proposed to use quantitative characteristics of running tasks in OS. A general scheme for fixation the characteristics of operating systems tasks is proposed. Hardware research confirmed the effectiveness of proposed scheme.

МОБІЛЬНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДАНИХ ЕКГ

Д. Ступак, О. Єліна, Д. Чернетченко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
rikonikotako@gmail.com

У сучасному світі розвинутих технологій з кожним роком усе більшого значення набувають мобільні додатки для смартфонів, за допомогою яких можна знайти рішення багатьох різноманітних задач.

Мобільні додатки вирішують безліч важливих завдань: таких, як додаток «Дія», що відстежує знаходження людей з підозрою на коронавірус, або додаток «Helsi», що спрощує записи на прийом до лікарів та оптимізує їх. Додаток «Waterbalance», від українських розробників, допомагає слідкувати за водним балансом у тілі людини та контролювати його.

В даний час актуальним є створення програмного забезпечення для обробки та візуалізації біомедичних досліджень. В даній роботі було створено мобільний додаток на базі операційної системи Android за допомогою нативної андроїд розробки на основі

мови програмування Kotlin. Для виконання цієї задачі були використані супутні технології: RxKotlin, Room, Retrofit 2 та незалежна графічна бібліотека MPAndroidCharts для візуалізації отриманих даних. За допомогою цих технологій вирішено комплекс задач, пов'язаних з автоматизацією біофізичних досліджень та швидкого доступу до необхідних даних із серверу.

Проблема здоров'я серця у людей всього світу є дуже важливою та актуальною. Додаток створено для отримання та передачі даних із прибору для зняття ЕКГ, що дозволяє своєчасно прийняти необхідні міри для лікування проблем захворювання серця. та лікування проблем серця є однією з пріоритетних задач у сучасній медицині.
Отримані результати можуть бути використані при створенні мобільної бази даних та спрощені отримання медичних послуг пацієнтами у сімейних лікарів.

MOBILE APPLICATION FOR OBTAINING AND VISUALIZING ECG DATA

D. Stupak, O. Yelina, D. Chernetchenko
Oles Honchar Dnipro National University
rikonikotako@gmail.com

This mobile application was created to make it easy to access the server that transmits the data received from the ECG measurement device. The application allows you to receive data and visualize it. It is also possible to save data locally. If desired, user can print the results in A4 format.

ПОРІВНЯННЯ ЗАСОБІВ СТВОРЕННЯ ПАЙПЛАЙНІВ APACHE ДЛЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ

А. Богун
Харківський національній університет радіоелектроніки
anna.bohun@nure.ua

Протягом останнього десятиліття у галузі індустрії великих даних з'явилося безліч нових систем обробки розподілених даних. Найпопулярнішими фреймворками для роботи з даними на сьогоднішній день є такі системи як Hadoop, Apache Spark, Apache Storm, Apache Samza, Apache Flink, Apache Beam, більшість яких є програмним забезпеченням з відкритим кодом від суспільства Apache. Apache Software Foundation – це організація-фонд, що сприяє розвитку проектів програмного забезпечення Apache, спеціалізація багатьох з яких – розподілена обробка даних, а також створення пайплайнів даних. Пайплайн даних являє собою ряд кроків обробки даних, який розглядає всі дані як потокові, що забезпечує гнучкість, оптимізацію та масштабованість обробки, також така архітектура дозволяє організовувати події даних, щоб полегшити звітування, аналіз та використання даних.

Apache Beam – це уніфікована модель для визначення конвеєрів (пайплайнів) обробки паралельної та потокової передачі даних. На відміну від Apache Spark він

підтримує не так багато платформ, лише три SDK: Java, Python, Go. Але Apache Beam більш портативний і має зручну інтеграцію з Google Cloud Dataflow, наприклад за допомогою Beam є можливість робити маніпуляції з Google Spanner (база даних) через паралельні пайплайни даних. Ці пайплайни виконуються не тільки Google платформою, а також іншими засобами, що підтримують розподілені процеси обробки, такі як Apache Flink та Apache Spark [1].

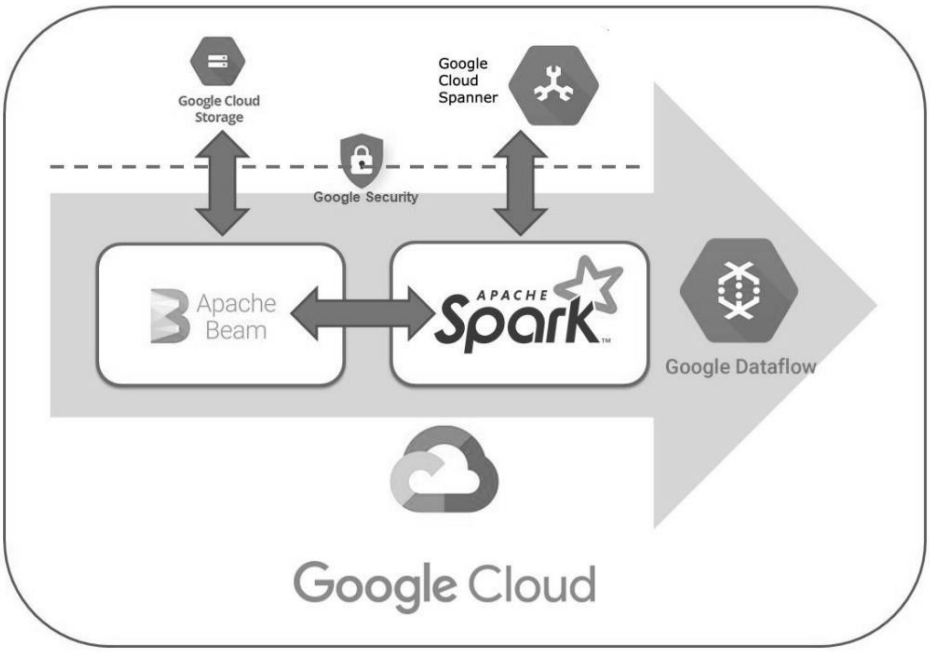


Рис. 1. Ілюстрація інтеграції Apache Beam, Apache Spark та Google Cloud Platform (Storage, Spanner, Dataflow)

Apache Spark являє собою механізм обробки даних, який пропонує кластерні обчислення в пам'яті із вбудованими розширеннями для SQL, а також потокового та машинного навчання. Apache Spark є найбільш широко використовуваною технологією обробки великих даних, це найпопулярніший фреймворк, коли мова йде про штучний інтелект та великі дані. Він є уніфікованим аналітичним механізмом для широкомасштабної обробки даних. Apache Spark підтримує багато мов програмування: Scala, Python, Java, SQL, P. та мови .NET (C# / F#). Компонент Spark's Resilient Distributed Dataset (RDD) виконує паралельну обробку кластера або комп'ютерних процесорів і робить операції з даними швидшими та ефективнішими [2].

Apache Storm – це система розподілених обчислень реального часу. Apache Storm дозволяє легко та надійно обробляти необмежені потоки даних, роблячи для обробки в режимі реального часу те, що робив Hadoop для пакетної обробки. Apache Storm простий, підтримує всі мови програмування. Також він має багато варіантів використання: аналітика в режимі реального часу, онлайн-машинне навчання, безперервні обчислення, розподілений RPC (Remote Procedure Call), ETL (Extract, Transform, Load), тощо. Це програмне забезпечення володіє масштабованістю, стійкістю до несправностей, гарантує обробку даних, а також просте у налаштуванні та експлуатації [3].

Apache Storm інтегрується з технологіями масового обслуговування та популярними базами даних. Топологія Apache Storm використовує потоки даних і обробляє ці потоки довільно складними способами, переділяючи потоки між кожним етапом обчислення, як це потрібно.

Отже, кожна з проаналізованих технологій має свої особливі риси, а також кращі типи задач для вирішення. Деякі з них можна інтегрувати одна з однією. Спільнота Apache стабільно зростає, тому можна очікувати підтримки від розробників досить довго і використовувати якісні продукти для створення пайплайнів даних.

[1] Apache Beam: An advanced unified programming model [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://beam.apache.org/.
[2] Apache Spark – Lightning-fast unified analytics engine [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://spark.apache.org/.
[3] Apache Storm [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://storm.apache.org/.

COMPARISON OF APACHE PIPELINE CREATION TOOLS FOR DISTRIBUTED DATA PROCESSING

A. Bohun
Kharkiv National University of Radioelectronics,
anna.bohun@nure.ua

Over the last decade, many new distributed data processing systems have developed in the big data industry. Most of the most popular data frameworks are open source software from the Apache community. Each has its own advantages and disadvantages, therefore, it is appropriate to analyze Apache data technologies and compare them.

ПОРІВНЯННЯ ПРОТОКОЛІВ АВТОРИЗАЦІЇ OAUTH 2.0 ТА SAML

А. Щербак, Н. Карпенко, В. Герасимов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
scherbak@ffeks.dnu.edu.ua

У сучасному інтернет-просторі людина відвідує безліч сайтів, які захищають свої дані інструментами автентифікації та авторизації. Наслідком реєстрації на новому сайті є комбінація логіну та паролю, які потрібно запам’ятовувати. Однак деякі сайти виставляють занадто великі та необґрунтовані вимоги щодо паролю. Як приклад можна навести сайт постачальника електроенергії YASNO (https://my.yasno.com.ua/), коли при реєстрації потрібно створити пароль, який одночасно повинен містити малі та великі літери, цифри та символи. Така ситуація дратує користувачів. Щоб вирішити цю задачу були створені протоколи авторизації, які надають можливість використання технології єдиного входу Single Sign-On. Це означає, що користувач може мати один аккаунт від постачальника, якому одночасно довіряють користувач і сайт, який він бажає відвідати. Отже, для розробників ПЗ актуальним питанням є порівняння різних протоколів авторизації.

На сьогодні одними з найбільш використовуваних є стандарти OAUTH 2.0 та SAML. Так OAuth 2.0 фокусується на спрощенні процесу налаштування авторизації.

Разом з цим він надає широкий спектр можливостей для розгортання систем авторизації для веб, мобільних та десктопних додатків та навіть пристроїв «розумного» дому [1]. Він не має чіткої реалізації, а лише задає певні правила гри. Треба зауважити, що OAuth стосується авторизації, а не безпосередньо автентифікації [2]. Цей стандарт описує чотири види грантів, які визначають можливі сценарії застосування:

1. Authorization Code — цей грант користувач може отримати від сервера авторизації після успішної аутентифікації і підтвердження згоди на надання доступу. Такий спосіб найчастіше використовується у веб-додатках. Процес отримання гранту дуже схожий на механізм аутентифікації пасивних клієнтів в SAML і WS-Federation.
2. Implicit — застосовується у випадку, коли додаток не має можливості безпечно отримати токен від сервера авторизації (наприклад, це JavaScript-додаток в браузері). У цьому випадку грантом є токен, отриманий від сервера авторизації.
3. Resource Owner Password Credentials — цей грант є парою логін /пароль користувача. Може застосовуватися, якщо додаток є «інтерфейсом» для сервера ресурсів (наприклад, мобільний клієнт для Gmail);
4. Client Credentials — в цьому випадку користувача не існує, а додаток отримує доступ до своїх ресурсів за допомогою власних джерел доступу.

Що стосується стандарту SAML (Security Assertion Markup Language), то він описує способи взаємодії і протоколи між постачальниками ідентифікації (identity provider) та послуг (service provider) для обміну даними автентифікації та авторизації з використанням токенів. Цей стандарт досить складний, зокрема він має наступні блоки:

1. Assertions — це власний формат токенів SAML в форматі XML.
2. Protocols — набір повідомлень між учасниками (запит на створення нового токена, отримання існуючих токенів, вихід з системи тощо).
3. Bindings — механізми передачі повідомлень через різні транспортні протоколи: HTTP Redirect, HTTP POST, HTTP Artifact, SAML SOAP, SAML URI тощо.
4. Profiles — типові сценарії використання стандарту, що визначають набір assertions, protocols і bindings необхідних для їх реалізації, що дозволяє досягти кращої сумісності. Web Browser SSO — один із прикладів таких профілів.

Крім того, стандарт SAML визначає формат обміну метаінформацією між учасниками (список підтримуваних ролей, протоколів, атрибутів, ключі шифрування) [3].

Порівнюючи OAuth 2.0 зі стандартом SAML важливо зазначити, що OAuth 2.0, як більш сучасний протокол, враховує вимоги, які мають місце в останні роки. Наприклад, велика кількість мобільних пристроїв та пристроїв «розумного» дому — це те, що не бралось до уваги при розробці стандарту SAML. OAuth 2.0 має прозоріші кроки для реалізації і ширші рамки для налаштування. SAML має складнішу структуру, свою власну пропрієтарну мову розмітки, що ускладнює та сповільнює процес ознайомлення з цією технологією та розробку за її допомогою. Перевага SAML в тому, шо він має велику кількість каналів передачі повідомлень, на відміну від OAuth 2.0, який працює тільки через HTTPS. Будь-який з цих протоколів може виконати поставлену задачу з реалізації технології Single Sign-On, але слід враховувати вимоги до розроблюваного додатку при виборі кращого рішення.

[1] OAuth 2.0 [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://oauth.net/2/.
[2] What is OAuth? How the open authorization framework works [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.csoonline.com/article/3216404/what-is-oauth-how-the-open-authorization-framework-works.html.
[3] Обзор способов и протоколов аутентификации в веб–приложениях [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://habr.com/ru/company/dataart/blog/262817/.

COMPARISON AUTHORIZATION PROTOCOLS. OAUTH 2.0 VS. SAML

A. Shcherbak, N. Karpenko, V. Gerasimov
Oles Honchar Dnipro National University
scherbak@ffeks.dnu.edu.ua

Since the beginning of distributed personal computer networks, one of the toughest computer security nuts to crack has been to provide a seamless access experience among multiple computers, each of which require unrelated logon accounts to access their services and content. While surfing the internet users must log in on multiple sites. It creates difficulties for them. OAuth 2.0 and SAML protocols are designed to solve this issue.

These protocols use tokens in the base, however, they have different principles and flows. Anyway, OAuth 2.0 and SAML allow developers to create secured applications without creating difficulties for end-users.

ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ ВЕБ-ДОДАТКІВ НА ПЛАТФОРМІ ASP.NET CORE MVC

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

Під час вибору інструментів для розробки високонавантаженого веб-порталу важливо звертати увагу на багато чинників, наприклад: модульність, можливість розгортання в хмарі, впровадження залежностей і так далі. Одним з провідних варіантом є крос-платформне середовище .NET Core для розробки великих веб-порталів і веб-сервісів.

Фреймворк ASP.NET Core працює на основі багато-платформного середовища .NET Core, яке може бути розгорнуте на основних популярних операційних системах. На додаток до цього, Microsoft створила багато-платформний веб-сервер Kestrel.

ASP.NET Core характеризується модульністю і розширюваністю. Фреймворк побудований з набору незалежних компонентів [1]. Платформа ASP.NET Core включає в себе шаблон MVC, який управляє формою веб-додатку ASP.NET і взаємодіями між компонентами, що містяться в ньому.

Основні переваги ASP.NET Core наступні:

- Архітектура MVC. Фреймворк ASP.NET Core допомагає в розробці веб-додатків, які можливо максимально точково тестувати, забезпечуючи чіткий поділ функціональності.
- Функціональність Razor Pages. Уявлення Razor - це HTM шаблони, що містять логіку C#, яка використовується для обробки даних моделі з метою генерації динамічного вмісту.

- Забезпечення підтримки популярних JavaScript-фреймворків. Фреймворк .NET Core надає вбудовані шаблони для двох найбільш популярних фреймворків JavaScript - Angular і React.
- Багатоплатформна підтримка.
- Фреймворк ASP.NET Core забезпечує вбудовану підтримку впровадження залежностей (Dependency Injection).

Розробка веб-додатку на платформі ASP.NET Core з використанням шаблону MVC складається з наступної послідовності кроків.

1. Створення компонентів додатку MVC.

Проектування моделей даних. Як сховище даних для цих моделей зазвичай використовується MS SQL Server. Для роботи з MS SQL Server рекомендується використовувати ORM-технологію Entity Framework. Технологія Entity Framework дозволяє абстрагуватися від структури конкретної бази даних і вести всі операції з даними через модель. Для підключатися до бази даних, задаються параметри підключення в файлі appsettings.json.

Створення контролера. В рамках MVC робота контролера полягає в підготовці даних і передачі їх представленню, яке відповідає за візуалізацію даних у вигляді HTML-розмітки.

Створення і візуалізація уявлення. При створенні проекту встановлюється пакет для розробки на стороні клієнта Bootstrap, який представляє собою зручну інфраструктуру CSS.

2. Конфігурація додатку.

Класи Program, Startup і файли JSON використовуються для конфігурації роботи програми. Система конфігурації дозволяє налаштовувати програми під їх середовища та керувати залежностями від пакетів.

За умовчанням клас Program запускає виконання програми. Щоб запустити додаток ASP.NET Core, необхідний об'єкт IHost, в рамках якого розгортається веб-додаток. Для створення IHost застосовується об'єкт IHostBuilder. У програмі за умовчанням в статичному методі CreateHostBuilder створюється і налаштовується IHostBuilder. Безпосереднє створення IHostBuilder проводиться за допомогою методу Host.CreateDefaultBuilder(args). Цей метод встановлює конфігурацію хоста, додатку, додає провайдери логування.

3. Створення та реєстрація маршрутів.

Маршрути створюються з використанням лямбда-виразу, переданого у вигляді аргументу конфігураційному методу UseMvc(). Вони визначаються із застосуванням розширюючого методу MapRoute(), який отримує явно іменовані аргументи name, template і defaults.

4. Розгортання додатку.

Веб-додатки все частіше розміщуються в невеликих і простих контейнерах на хмарних платформах. За допомогою Visual Studio додаток може бути з легкістю розгорнуто в Azure [2].

ASP.NET Core містить в собі безліч інструментів, які дають можливість створити гнучкий, модульний, легко підтримуваний і багатоплатформний веб-додаток.

[1] Choosing between .NET Core and .NET Framework for server apps / [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.microsoft.com/en–us/dotnet/standard/ choosing–core–framework–server.

[2] Publish an ASP.NET Core app to Azure with Visual Studio [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://docs.microsoft.com/en–us/aspnet/core/tutorials/publish–to–azure–webapp–using–vs?view=aspnetcore–3.1.

TECHNOLOGY OF DEVELOPING WEB APPLICATIONS ON THE ASP.NET CORE MVC PLATFORM

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

The .NET Core cross-platform framework is one of the leading technologies for developing large web portals and web services and it can be deployed on major popular operating systems. ASP.NET Core is modular and extensible. The framework is built from a set of relatively independent components. A methodology for creating web applications using the main features of the ASP.NET Core framework has been developed.

DIFFERINTEGRAL FRACTAL ELEMENTS MODEL FOR CURRENT CONTROL IN FIELD-EFFECT ELECTRONICS DEVICE

V. Onufrienko, L. Onufrienko
National University "Zaporizhzhia Polytechnic"
onvm@i.ua

We consider the possibility of current control in radio electronics devices based on MOSFET that operate on the basis of changing the conductivity of a channel between source (S) and drain (D) in a fractally configured region a semiconductor at the boundary with a dielectric layer under the action of an electric field. The interest in the development of such elements in the integrated circuit is explained by the fact that most modern analog and digital integrated circuits are executed by MOS- technology [1]. The techniques of analog modeling of physical systems are based on the similarity of whole-order differential equations by equations of electric circuits consisting of ordinary *R*-, *L*-, *C*-elements.

Further, in modeling problems, we consider fractal elements in the 2^{α} poles form (when $\alpha = 1$, we have a classical dipole) with a moment

$$D^{\alpha}\vec{p}(\vec{r},t) = \vec{z}_0 p D_r^{\alpha_1}\delta(\vec{r}-\vec{r}\,')D_t^{\alpha_2}\delta(t-t'), \tag{1}$$

where $\delta(u-u')$- delta Dirac function; the fractional derivative $({}_aD_x^{\alpha(x)}L)(x)$ is used in the Riemann-Liouville form with a variable scaling index $\alpha(x)$. The $\alpha-$pole spatial moment of polarized neutral set we determine from the formula $\vec{p}^{\,\alpha(x)}(\vec{r}) = \sum_{i=1}^{N} q_i \vec{d}_i^{\,\alpha(x)} = Q\vec{d}^{\,\alpha(x)}$, where summation realize on all charges in set, and $\vec{d}_i^{\,\alpha(x)}$- vectors, which sets draw from centre to charges. Density of α-pole moment of all sets in volume of a cell $\Delta V_i^{\alpha(x)}$ with centre in a point $\vec{r}_i$ it is estimated under the formula $\vec{P}^{\,\alpha(x)}(\vec{r}_i) = \sum_{j=1}^{N} q_j \vec{d}_j^{\,\alpha(x)} / \Delta V_i^{\alpha(x)}$.

Consider the effect of fractally configured displacement of atomic layers in an n-type the channel conductivity of 3-therminal field-effect device (transistor), and determine some conditions for the control of the characteristics with zero drain-source voltage.

In the scheme of the n-channel field-effect transistor with $p-n$ junction, the OY axis is directed along the OX axis perpendicular to the $n-$channel between the fractally configured gates and the channel current is assumed to flow in area $x_{n1} < x < x_{n2}$.

For zero voltage between the drain and the source $u_{DS} = 0$, the potential difference between the gate and the channel does not depend on the coordinate y and is equal to the applied voltage u_{GS}.

By the method of moments (compare with [2]), we calculate the gate and the channel full potential

$$U(y) = U_{GS}^{(\alpha)} = -\frac{q}{\varepsilon_s}\int_{x_p}^{x_n} x\,N(x)d^{\alpha}x, \tag{2}$$

where q is the electron charge; ε_s - semiconductor dielectric constant; $N(x) = N_D - N_A$ - uncompensated donors concentration. In the case under consideration $U_{GS}^{(\alpha)} = u_{GS} + \psi$, where ψ the contact difference of the potentials at the $p-n$ transition, $d^{\alpha}x$ is the differential integral.

For the transition channel-gate we have

$$U_{GS}^{(\alpha)} = \frac{-qN_n}{\alpha(\alpha+1)\Gamma(\alpha)\varepsilon_s}\left(x_{n1}^{\alpha+1} - \frac{N_p}{N_n}x_{p1}^{\alpha+1}\right); \quad x_{p1}^{\alpha} = x_{n1}^{\alpha}\frac{N_n}{N_p}. \tag{3}$$

Calculate the channel conductivity with width $2a$ and the conductivity of the undepleted *n*-region part

$$g_{DS} = \frac{\partial I_D}{\partial u_{DS}}\Big|_{u_{DS}=0} = \frac{2\sigma a z}{L}\left(1 - \left(\frac{u_{GS}+\psi}{U_0}\right)^{\frac{1}{\alpha+1}}\right). \tag{4}$$

We demonstrate the theoretical ability to control the variation of the channel conductance in a wide range and in sign, thus realizing the negative characteristics of the nanotransistor and the resistor with voltage control [3]. By changing the fractal layer scaling α (for $\alpha = 1$ we have classical results), we can achieve the effects that are manifested by the varying thickness of the nanotransistor conduction channel. Separation from expression equations for a memory function reveals that scaling allows controlling and regulating the degree of memory loss by a nanosheet in natural and artificially created metamaterial medium, the geometric or physical properties of which are modeled by fractals physical charges (current elements) in ferroelectric and semiconductor metamaterial.

[1] Kobayashi M. and T.Hiramoto T. On device design for steep-slope negativecapacitance field-effect-transistor operating at sub-0.2V supply voltage with ferroelectric HfO2 thin film. AIP Advances 6, 025113 (2016).
[2] Cobbold R. Theory and Application of Field-effect Transistors. Wiley-Intersc. (1970).
[3] Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufrienko L.M. Modeling Characteristics of Field-Effect Fractal Nanotransistor. Proc. 15th Int. Conf. on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecom. and Comp. Engineering TCSET'2020. (Lviv-Slavske, Ukraine, 25-29 February 2020). P. 586.

DIFFERINTEGRAL FRACTAL ELEMENTS MODEL FOR CURRENT CONTROL IN FIELD-EFFECT ELECTRONICS DEVICE

V. Onufrienko, L. Onufrienko
National University «Zaporizhzhia Polytechnic»
onvm@i.ua

The possibility of current control in radio electronics devices based on MOSFET that operate on the basis of changing the conductivity of a channel between source and drain in a fractally configured region a semiconductor at the boundary with a dielectric layer under the action of an electric field is considered. The theoretical ability to control the variation of the channel conductance in a wide range and in sign, thus realizing the negative characteristics of the nanotransistor and the resistor with voltage control is demonstrated.

ТЕКСТУРОВАНИЙ СОНЯЧНИЙ ЕЛЕМЕНТ З ВЕРТИКАЛЬНИМ P-N ПЕРЕХОДОМ

О. Гниленко[1], С. Плаксін[2]
[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
[2]*Інститут транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг»*
gnilenko@ua.fm, svp@westa-inter.com

Одним з найбільш дієвих способів підвищення продуктивності сонячних елементів є текстурування освітлюваної поверхні. Текстурування поверхні разом із застосуванням невідбиваючого покриття дозволяє мінімізувати відбиття падаючого випромінювання від поверхні сонячного елемента. Будь-яка неоднорідність освітлюваної поверхні збільшує вірогідність того, що відбите випромінювання потрапить не в оточуючий простір, а знову до поглинаючого шару сонячного елемента. Крім того, оптичне випромінювання потрапляє у поглинаючий шар під різними кутами, збільшуючи тим самим довжину оптичного шляху фотонів і покращуючи умови поглинання. Це дозволяє зменшити товщину поглинаючого шару, заощаджуючи на використанні меншої кількості напівпровідникового матеріалу.

Питання текстурування поверхонь кремнієвих сонячних елементів з горизонтальним розташуванням p-n переходів були розглянуті в багатьох дослідженнях як з теоретичної, так і з технологічної точки зору [1,2]. Однак для сонячних елементів, в яких p-n переходи розташовані вертикально [3], вплив текстурування освітлюваної поверхні на характеристики не вивчався.

В цьому докладі представлені результати комп’ютерного моделювання текстурованого сонячного елемента з кристалічного кремнію, який має вертикально розташований p-n перехід. В таких сонячних елементах випромінювання розповсюджується вздовж p-n переходів, на відміну від традиційних сонячних елементів, в яких напрям розповсюдження випромінювання перпендикулярний до площини p-n переходу. Перевагою вертикального розташування переходів є розділення напрямку руху носіїв заряду і напрямку руху фотонів, що дає додаткові можливості для оптимізації конструкції сонячних елементів для досягнення кращих умов поглинання сонячного випромінювання та збирання носіїв заряду. Послідовне з'єднання елементарних фотоелектричних перетворювачів, що представляють собою n^+–p–p^+ напівпровідникові структури, дозволяє одержати багатоперехідні сонячні елементи з вертикальними p-n переходами. В багатоперехідних сонячних елементах з'являється можливість отримувати високі напруги за рахунок послідовного з'єднання n^+–p–p^+ структур, а велика площа контакту між цими структурами дозволяє знизити послідовний опір. Додатковими перевагами сонячних елементів з вертикальними переходами є відсутність на освітлюваній поверхні контактної сітки, що затінює сонячний елемент, кращу температурну стійкість і підвищену спектральну чутливість. Такі сонячні елементи краще ніж звичайні придатні до використання з концентраторами сонячного випромінювання.

Двовимірна модель сонячного елемента, що створена в системі Silvaco TCAD, зображена на рис. 1. Сонячний елемент являє собою напівпровідникову p-i-n структуру з слаболегованим поглинаючим шаром кремнію p-типу та дифузійними шарами p- та n-типу, що утворені по боках поглинаючого шару. На освітлюваній поверхні сонячного елемента сформована регулярна текстура зі склоподібного матеріалу у вигляді пірамід. Оскільки в Silvaco TCAD серед стандартних діелектричних матеріалів відсутнє скло, в якості електрично нейтрального непоглинаючого матеріалу текстури брався вакуум з

такою же залежністю коефіцієнта заломлення від частоти, як і у скла типу ВК-7 за базою даних SOPRA. Тильна поверхня сонячного елемента покрита відбиваючим шаром зі срібла, який відокремлений від напівпровідникового матеріалу ізолюючим шаром зі скла ВК-7.

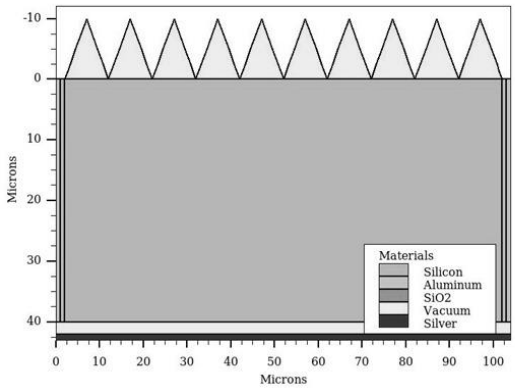


Рис. 1. Двовимірна модель сонячного елемента.

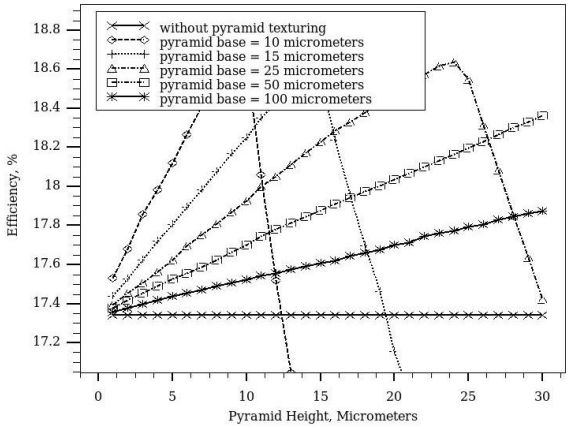


Рис. 2. Залежність ККД від розмірів текстури

Метою моделювання сонячного елемента є вивчення впливу текстурування на коефіцієнт корисної дії і визначення оптимальної геометрії та розмірів пірамідальних елементів текстури. На рис. 2 показано результати розрахунку залежності коефіцієнту корисної дії від висоти пірамідальних елементів текстури для різних значень довжини основи пірамід при куті падіння сонячного випромінювання 90 градусів.

[1] Abdullah M.F., Alghoul M.A., Naser H., Asim N., Ahmadi Sh., Yatim B., Sopian K. Research and development efforts on texturization to reduce the optical losses at front surface of silicon solar cell. Renewable and Sustainable Energy Reviews. No. 66. (2016). P. 380–398.
[2] Baker-Finch S.C., McIntosh K.R. One-dimensional photogeneration profiles in silicon solar cells with pyramidal texture. Progress in Photovoltaics. Vol. 20, No. 1. (2012). P. 51-61.
[3] Гниленко А.Б., Плаксин С.В., Погорелая Л.М., Дзензерский В.А. Моделирование кремниевого солнечного элемента с вертикальным p-n переходом. Возобновляемая энергетика. № 2. (2013). С. 37-44.

TEXTURRED SOLAR CELL WITH VERTICAL P-N JUNCTION

A. Gnilenko[1], S. Plaksin[2]
[1]Oles Honchar Dnipro National University
[2]Institute of Transport Systems and Technologies NASU, Dnipro
gnilenko@ua.fm, svp@westa-inter.com

A silicon solar cell with vertical p-n junction and pyramidal glass texture on the top surface is simulated using Silvaco TCAD software package. The influence of the texture size on the solar cell characteristics is investigated for various angles of incidence of solar radiation. Optimal texture sizes are found for direct and oblique incidence of solar radiation and the possibility of significant increasing solar cell efficiency is demonstrated.

ДИФРАКЦІЯ ХВИЛІ H_{10} НА Е-ПЛОЩИННОМУ З'ЄДНАННІ ШЕСТИ ХВИЛЕВОДІВ З КРУГОВИМ ПРОВІДНИМ ЦИЛІНДРОМ

І. Зіненко, В. П'янков
Національний університет "Запорізька політехніка"
vppyankov@gmail.com

В вимірювальних та інших пристроях НВЧ на сантиметровому та міліметровому діапазонах широко застосовуються мостові та багатоплечі з'єднання прямокутних хвилеводів. Часто такі вузли мають складну геометричну форму, різноманітні вставки, що ускладнює їх проектування та аналіз. Рішення цих питань залежить від можливості точного розрахунку характеристик таких вузлів. Для таких розрахунків необхідна розробка математичних моделей, адекватних реальним технічним пристроям та програм, які дозволяють ефективно проводити чисельний аналіз цих пристроїв. Мета цієї роботи – показати можливості строгого електродинамічного метода добутку областей (ДО) [1] для розрахунків некоординатних хвилеводних вузлів з круговими провідними включеннями. Проведено аналіз характеристик модулів елементів матриці розсіювання шестіплечего Е-площинного з'єднання з круговим провідним циліндром в центрі з'єднувальної порожнини (рис.1). По одному з хвилеводів до з'єднувальної порожнини набігає збуджуюча хвиля типу H_{10}, амплітуда і фаза якої відомі в площині Т-Т. Задача зводиться до знаходження у з'єднувальній порожнині компоненти *u* магнітного поля, що перпендикулярна площині рис. 1.

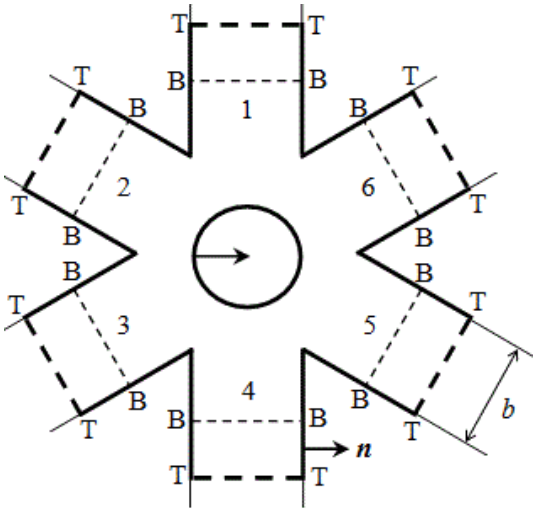


Рис. 1

На рис.2 показані графіки залежності модулів коефіцієнтів матриці розсіювання S_{ik} від частотного параметра $\chi = bk/(2\pi)$, де $k = 2\pi\sqrt{\lambda^{-2} - (2a)^{-2}}$, a і b – розміри хвилеводів, λ – довжина хвилі у вільному просторі, при різних радіусах R кругового циліндра. Прийнята наступна нумерація кривих: 1– $R = 0{,}1b$; 2– $R = 0{,}3b$; 3– $R = 0{,}5b$; 4– $R = 0{,}7b$. Видно, що при $R \le 0{,}3b$ коефіцієнт відбиття $|S_{11}|$ зменшується, а коефіцієнт проходження в сусіднє плече $|S_{21}|$ збільшується. Так, при $R = 0{,}3b$ (крива 2) у кінці робочого діапазону коефіцієнт відбиття $|S_{11}| \le 0{,}1$ у проміжку 25%, а коефіцієнт проходження $|S_{21}|$ збільшується практично у два рази. При подальшому збільшенні радіуса штиря збільшується коефіцієнт відбиття та зменшуються коефіцієнти проходження. Коефіцієнти проходження до плечей 3 и 4 ($|S_{31}|$, $|S_{41}|$) мають схожі характеристики та зменшуються при збільшенні радіуса кругової вставки на всьому робочому діапазоні. При значеннях частотного параметра $\chi = 0{,}1$ і $\chi = 0{,}25$ спостерігаються резонансні сплески при всіх значеннях радіусів штиря.

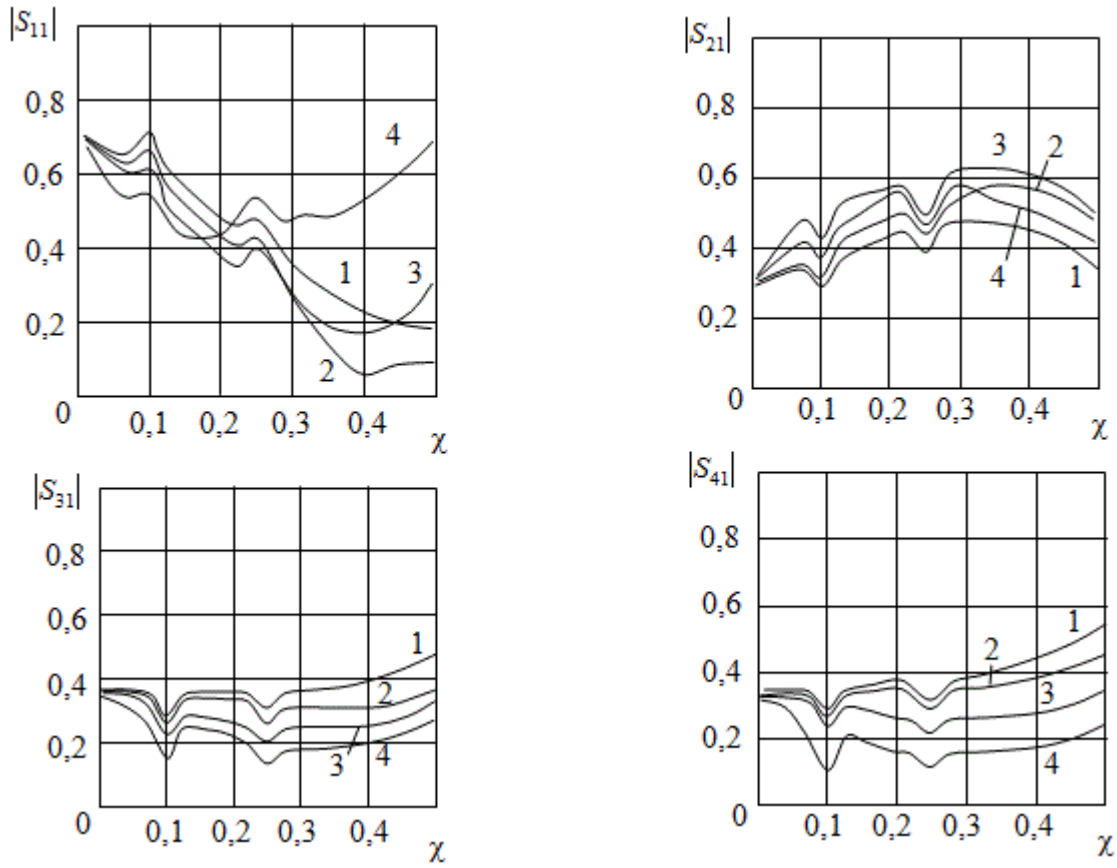


Рис. 2

Результати, які опубліковані у даній роботі, можуть бути використані при розробці реальних пристроїв НВЧ на основі прямокутних хвилеводів.

[1] Chumachenko V. P. Domain-product technique solution for the problem of electromagnetic scattering from multiangular composite cylinders. IEEE Trans. Antennas Propagat. Vol. 51. №10. (2003). P. 2845–2851.

DIFFRACTION OF THE H_{10} WAVE AT THE E-PLANE CONNECTION OF SIX WAVEGUIDES WITH A CIRCULAR CONDUCTING CYLINDER

I. Zinenko, V. Pyankov
Zaporizhzhia Polytechnic National University
vppyankov@gmail.com

At a strict electrodynamics level, the area product was used to calculate and analyze the characteristics of the E-plane symmetrical connection of six rectangular waveguides with a circular conductive insert. Graphs of reflection and transmission coefficients of such a connection for different values of a circular cylinder are given and analyzed. It was found that as the radius of a circular cylinder increases to 0.3*b*, where *b* is the width of the waveguides in the E-plane, the value of the reflection coefficient decreases, and the value of the coefficients of passage into adjacent arms increases.

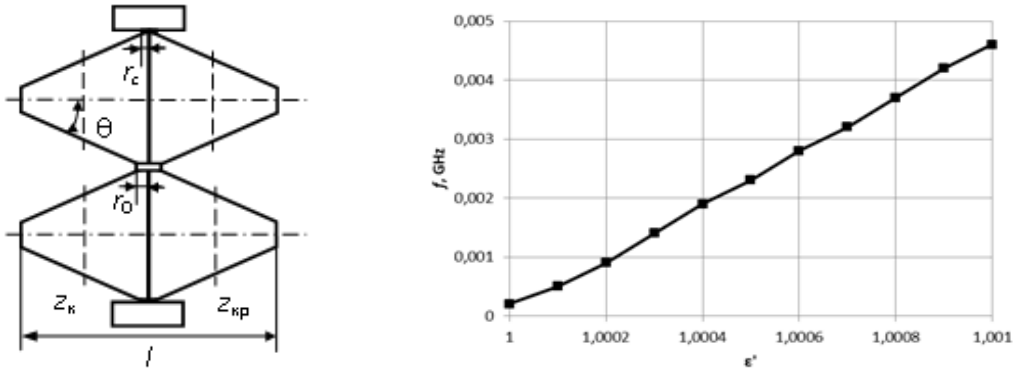
ЗАСТОСУВАННЯ ЗВ'ЯЗАНИХ БІКОНІЧНИХ РЕЗОНАТОРІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ І ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ

С. Горб, Д. Салтиков
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
coutgorb@gmail.com

Контроль вологості навколишнього середовища є одним з актуальних завдань вимірювальної техніки. У НВЧ діапазоні для вимірювання вологості речовини широко використовуються різні різновиди резонансних методів [1]. При вимірюванні параметрів газоподібних речовин, діелектрична проникність яких слабо відрізняється від одиниці, а втрати дуже малі, прямі методи вимірювання, засновані на вимірюванні параметрів резонаторів без зразка і зі зразком, не забезпечують необхідної точності. Тому на практиці використовуються різні схеми з двома резонаторами, один з яких є опорним [2]. Суть таких методів полягає у вимірюванні ε'–1, де ε' – відносна діелектрична проникність, за різницею резонансних частот двох резонаторів, порожнього і заповненого досліджуваною речовиною.

У [3] розглянуто застосування системи зв'язаних біконічних резонаторів для вимірювання параметрів діелектриків. Використання зв'язаних резонаторів дозволяє перейти від вимірювання абсолютних значень резонансної частоти і добротності резонансних систем до вимірювання відносних величин. Метою цієї роботи є дослідження можливостей застосування зв'язаних біконічних резонаторів для визначення вологості навколишнього середовища.

На рис. 1, а. зображено схему вимірювального датчика на зв'язаних біконічних резонаторах. Резонатори зв'язаних між собою через круглий отвір радіусу r_0 і живляться зовнішнім трактом за схемою "на прохід" через тонкі діафрагми круглого перерізу радіусу r_c. Для підвищення чутливості при вимірюванні газоподібних діелектриків необхідно, щоб досліджувана речовина повністю заповнювала робочий об'єм одного з резонаторів [4].



а *б*

Рис. 1. Пов'язані БКР з механічною пребудовою частоти: *а* – поздовжній переріз; *б* – залежність ступеня розладу Δf від глибини введення стрижня *l*

Чисельний аналіз і моделювання характеристик розглянутої структури проводився за допомогою методу кінцевих елементів. Були отримані і досліджені залежності резонансних частот і добротностей зв'язаних біконічних резонаторів від зміни комплексної діелектричної проникності, викликаною зміною вологості повітря.

Як приклад на рис. 1,*б* показана залежність різності частот Δf коливань типу H_{011} зв'язаних біконічних резонаторів від діелектричної проникності досліджуваного середовища, що заповнює об'єм одного з резонаторів. Ця залежність була отримана для резонаторів з кутом при вершині конуса 30°, максимальним радіусом 25 мм, радіус отвору зв'язку становив r_0 = 4,25 мм.

У [3] було показано, що використання зв'язаних резонаторів дозволяє отримувати прийнятну за точністю оцінку діелектричних втрат за відношенням амплітуд резонансних піків частотної характеристики коефіцієнта передачі. Такий підхід дозволяє відмовитися від вимірювання добротності резонаторів.

Результати розрахунків показали, що застосування зв'язаних біконічних резонаторів для вимірювання параметрів газоподібних речовин дозволяє реєструвати відхилення діелектричної проникності на величину близько 10^{-4}, а tgδ на величину близько 10^{-5}. Це є недостатнім для проведення точних вимірювань діелектричної проникності газів при нормальних умовах, однак, у разі забезпечення відповідної термостабільності опорного резонатора і якісного калібрування вимірювальної установки застосування зв'язаних біконічних резонаторів дозволяє проводити моніторинг змін параметрів газоподібних діелектриків, викликаних наявністю домішок або зміною вологості.

[1] Берлинер М.А. Измерения влажности. М.: Энергия. (1973). 400 с.
[2] Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Высокочастотный метод измерения неэлектрических величин. М.: Наука. (1978). 280 с.
[3] Дробахин О.О., Салтыков Д.Ю. Исследование возможности применения связанных биконических резонаторов для определения параметров диэлектрических материалов. Прикладная радиоэлектроника. Т. 13., № 1. (2013). С. 64–70.
[4] Andreev M.V., Drobakhin O.O., Privalov Ye.N., Saltykov D.Yu. Measurement of Dielectric Material Properties Using Coupled Biconical Resonators. Telecommunications and Radio Engineering. Vol. 73, No 11. (2014). P. 1017–1032.
[5] Andreev M. V., Drobakhin O.O., Saltykov D.Yu. Study of Perspective of Gaseous Dielectric Parameters Monitoring with Use of Coupled Biconical Resonators. IEEE 2-nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON-2019). Proceedings. (Lviv, Ukraine, July 2-6, 2019). P. 52-55.

COUPLED BICONICAL CAVITIES WITH MECHANICAL FREQUENCY TUNING

S. Horb, D. Saltykov
Oles Honchar Dnipro National University
coutgorb@gmail.com

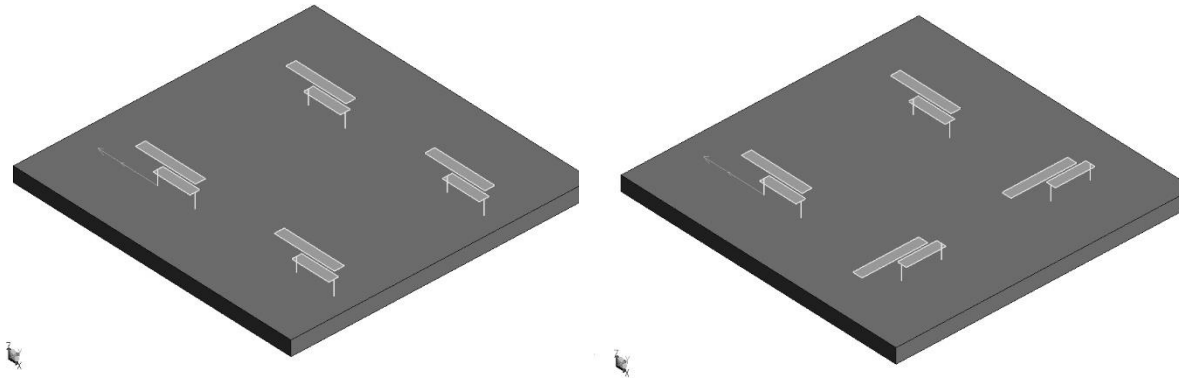
The objective of this work was to research possibilities of using coupled biconical resonators for monitoring and measurement of humidity. In this case, one of the resonators is the reference one. Application of coupled biconical resonators makes it possible to detect deviations of the dielectric constant and loss tangent of the test medium with values of the order of 10^{-4} and 10^{-5} correspondingly. The application of coupled biconical resonators with accurate calibration can be applied for monitoring the parameters of gaseous dielectrics, in particular, for monitoring the air humidity.

ДВОЧАСТОТНІ АНТЕННІ РЕШІТКІ ДЛЯ МЕРЕЖ НА БАЗІ СТАНДАРТУ 802.11АС

С. Бухаров, Ю. Пхенда
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
sergeyvbuharov@gmail.com

Стандарт безпровідних мереж 802.11ac базується на використанні двох частотних діапазонів – 2.4 ГГц та 5 ГГц [1]. Штатні антени Wi-Fi роутерів частіше за все мають квазіізотропну діаграму напрямленості та забезпечують покриття в певному радіусі. Для збільшення відстані зв'язку необхідно застосовувати антени, які мають більш спрямовані властивості та забезпечують роботу у певному секторі.

В роботі розглядаються двочастотні антенні решітки на базі пов'язаних мікросмужкових випромінювачів (рис.1).



а) **б)**

Рис.1 Антенні решітки на базі пов'язаних мікросмужкових випромінювачів

На рис.1а показана синфазна антенна решітка з коефіцієнтами підсилення близько 7 дб на частоті 2.45 ГГц та 10 дБ на частоті 5.2 ГГц. На рис.1б показано решітку для підтримки технології MIMO та Beamforming. Розмір полотна решітки 100x100x8 мм. Короткі смужки живляться коаксіальним портом з одного краю та заземлені на іншому краї. Збудження довгої смужки здійснюється за рахунок зв'язку між смужками [2].

[1] IEEE Std 802.11ac™-2013.
[2] Erfan Rohadi1, Mitsuo Taguchi. Dual Band MIMO Antenna Composed of Two Low Profile Unbalanced Fed Inverted L Antennas for Wireless Communications Wireless Engineering and Technology, 2014, 5, p. 54-61

DUAL BAND ANTENNA ARRAYS FOR 802.11 AC NETWORKS

S. Bukharov, Y. Pkhenda
Oles Honchar Dnipro National University
sergeyvbuharov@gmail.com

The paper presents the results of modeling two band antenna arrays based on coupled microstrip lines. Modeling was carried out by method and moments with the FEKO environment. The results can be used to build wireless networks based on the 802.11 ac standard.

ФРАКТАЛЬНИЙ ГІСТЕРЕЗИС В НЕФОСТЕРІВСЬКИХ ЕЛЕКТРОННИХ ЕЛЕМЕНТАХ З МЕТАМАТЕРІАЛОМ

В. Онуфрієнко, Т. Слюсарова
Національний університет "Запорізька політехніка"
onvm@i.ua

Явище гістерезису в електронній техніці полягає у появі варіації показів значення вимірюваної величини в залежності від передісторії зміни самої величини. Зокрема, надвисокочастотні методи вимірювання діелектричної проникності нефостерівських активних метаматеріалів спряжені з необхідністю урахування фрактальної структури зразків, яка виникає через просторове конфігурування елементарних осциляторів у відповідності з геометричною будовою фракталів з незмінними значеннями провідності.

Теоретично гістерезисні явища у вимірювальному процесі можуть виникати у випадку зміни провідності за фрактальним фізичним законом у суцільному (нефрактальному) середовищі, що спряжене з появою «нефостеровості» елементів в електронних схемах. Такі елементи поводяться як негативні конденсатори або негативні індуктори, порушуючи обмеження дисперсії енергії та теорему реактивного опору Фостера в надзвичайно широкосмугових (пропускна здатність більше двох октав) та незалежних від частоти лініях передачі.

Негативні конденсатори та негативні індуктивності мають дисперсійні криві, які є точними оберненими дисперсійними кривими звичайних «позитивних» елементів. Можна сподіватись, що розсіяння у пасивних матеріалах може компенсуватись за допомогою «зворотної» дисперсії нефостерівських фрактальних елементів, що призводить до надзвичайно широкосмугової поведінки [1] .

Застосування нами математичного диферінтегрального апарату дозволило звести теоретичний опис задачі про гістерезис та нефостеровість метаматеріальних фракталів до класичних задач з гладкими межами за моделлю фрактального шару [2]. Цим вирішується важливе питання про необхідність додаткового використання умов про особливості поведінки поля поблизу ребра, або про залучення іншої апріорної інформації про геометричну конфігурацію та фізичну природу досліджуваного зразку (тверде тіло, рідина чи газ), що спряжені з появою гістерезисного явища.

Теорію фрактального шару застосуємо далі для теоретичного дослідження ефекту впливу фрактально конфігурованої границі на приріст фази та зміщення хвиль, що можуть проявлятись у хвилеводних та резонаторних експериментах з вимірювання діелектричної проникності метаматеріалів.

Методика розв'язування таких задач базується на визначенні диферінтеграла $d^{\alpha}z$, його зв'язку з дробовою похідною $d^{\alpha}L(z)={}_{a}D_{z}^{\alpha}L(z)d^{\alpha}z$, де дробова похідна ${}_{a}D_{z}^{\alpha}L(z)$ використана у формі Рімана-Ліувілля зі змінним скейлінгом $\alpha(z)$ вздовж деякої осі OZ .

Із загальних теоретичних міркувань виявлено наявність зв'язку комплексних значень скейлінгового показника з еквівалентними матеріальними параметрами середовища. Це пояснюється наявністю спонтанної електричної поляризації, виникненням фрактально конфігурованих електричних доменів та перебудовою фрактальної доменної структури, що впливає на перебіг гістерезисного ефекту. Крім цього, виявлено, що варіацією скейлінгу теоретично можна керувати діелектричними втратами у фрактально конфігурованому нефострівському елементі.

Для характеристики фрактально конфігурованого середовища вводимо у розгляд комплексний хвильовий опір середовища

$$\dot{Z}^{(\alpha)} = \frac{\omega\dot{\mu}^{(\alpha)}}{\dot{k}^{(\alpha)}} = \frac{\omega\dot{\mu}^{(\alpha)}}{k'^{(\alpha)} - jk''^{(\alpha)}} = \frac{Z_0}{\Delta^{(\alpha)}\left(1 - j\dfrac{k''^{(\alpha)}}{k'^{(\alpha)}}\right)}, \quad (1)$$

де $Z_0 = \sqrt{\mu_0 / \varepsilon_0}$ - хвильовий опір вільного простору, $\Delta^{(\alpha)} \equiv k'^{(\alpha)} Z_0 / \omega\dot{\mu}^{(\alpha)}$.

Одержано трансцендентні рівняння, що зв'язують діелектричну проникність напівпровідника певної товщини з вимірюваними значеннями потужності відбиття та проходження та такі, що допускають чисельне розв'язування. Як і у випадку нефрактального матеріалу, для обраних зразків товщини, кратної $\lambda \backslash 4$, можна одержати наближений розв'язок зазначених рівнянь, але вже з нелінійним зв'язком між надвисокочастотною потужністю та питомою провідністю за рахунок наявності у формулах скейлінгового показника, що характеризує фрактальну організацію матеріалу, що впливає на появу гістерезису.

Теоретично просторовий гістерезис, що виникає за рахунок фрактальної будови доменних структур метаматеріалу, проявляється в одержаних залежностях для коефіцієнтів відбиття й проходження, коли процес зростання потужності хвиль враховується вводом деякого скейлінгового показника α_1, а спадання – значенням α_2 .

Запропонований теоретичний підхід до визначення хвильового опору у нефостерівських фрактальних елементах сприяє виявленню та чисельному моделюванню деяких інших ефектів, що виникають на межі взаємодії електромагнітної хвилі з фрактально конфігурованим метаматеріалом.

[1] Hrabar S., Krois I., Bonic I. Kiricenko A. Non-foster elements - new path towards broadband ENZ and MNZ metamaterials. Proceedings of the 5th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP), (Rome, 2011). P. 2674.
[2] Onufrienko V.M. Potentials of fractal charges and currents in artificial medium, RadioElectronic.Computer Science.Control. Vol.1. No 1. (2004). P.18-21.
[3] Onufrienko V.M., Slyusarova T.I., Onufrienko L.M. Modeling Characteristics of Field-Effect Fractal Nanotransistor. Proc. 15th Int. Conf. on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecom. and Comp. Engineering TCSET'2020. (Lviv-Slavske, Ukraine, 25-29 February 2020).P. 586.

FRACTAL HYSTERESIS IN NON-FOSTER ELECTRONIC ELEMENTS WITH METAMATERIAL

V. Onufrienko, T. Slyusarova
National University "Zaporizhzhia Polytechnic"
onvm@i.ua

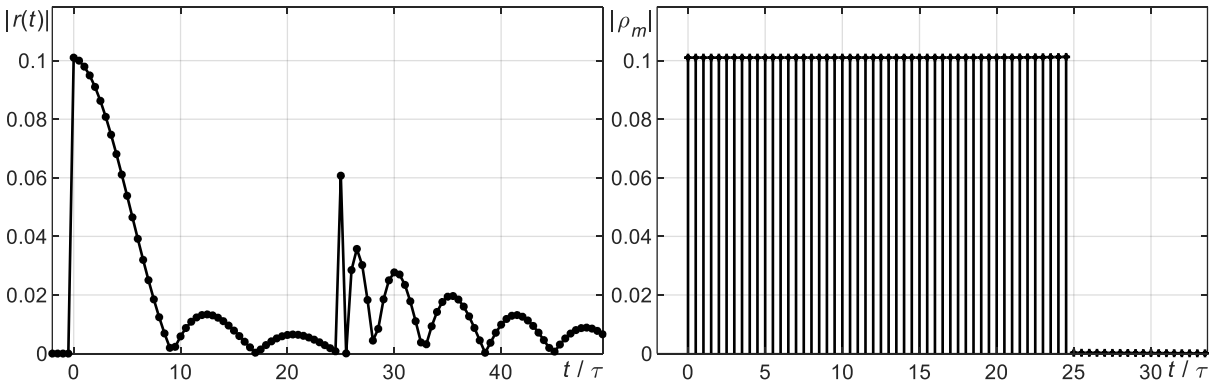
The application of the mathematical differential apparatus to the solution of hysteresis and non-fosterity problem of metamaterial elements by the fractal layer model is demonstrated. The scaling variation can be used to control dielectric losses in a fractally configured non-fosterian electronic element. The proposed definition of wave resistance in non-Foster fractal elements contributes to the detection and numerical simulation at the boundary of an electromagnetic wave interaction with a fractally configured metamaterial.

ВИКОРИСТАННЯ РЕШІТЧАСТИХ ФІЛЬТРІВ ТА ДРОБОВО-РАЦІОНАЛЬНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШАРІВ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ СТРУКТУР

С. Беспалов, М. Андрєєв
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
dnupkr@i.ua

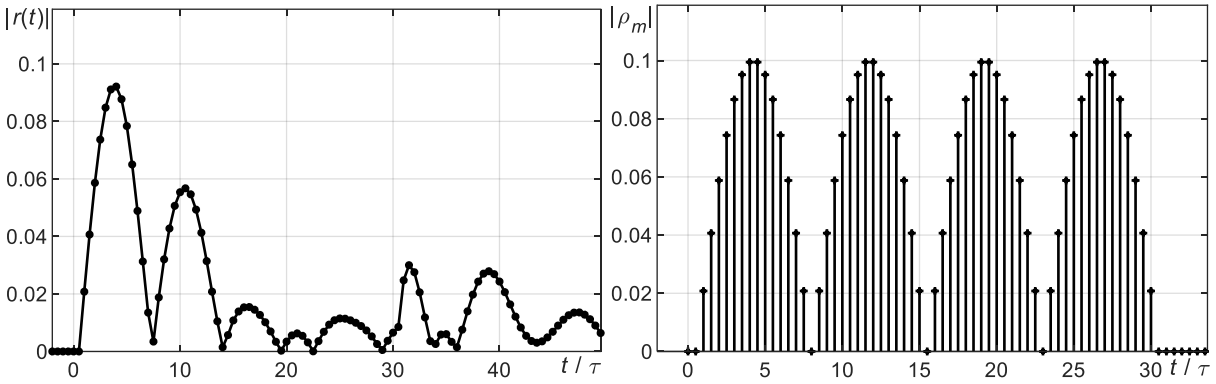
Решітчасті фільтри, що реалізуються за допомогою рекурсії Левінсона, були отримані в рамках задач лінійного передбачення [1]. Такі ж структури природним чином виникають при розгляді задач поширення хвиль в шаруватих середовищах. Тому метод динамічної прогнозуючої інверсної згортки на їх основі успішно використовується як при обробці сейсмічних геофізичних та акустичних мовних сигналів, так і для розв'язку зворотної задачі розсіювання для шаруватих структур [2]. Практична реалізація даного підходу дозволяє визначати параметри діелектричних структур за даними їхнього зондування електромагнітними хвилями, синтезувати покриття та тонкі плівки із заданими радіохвильовими та оптичними властивостями. Однак у методу є ряд обмежень, подоланню яких присвячена дана робота.

Розглядалася задача визначення параметрів шаруватої діелектричної структури за імпульсною характеристикою відбиття від неї за допомогою решітчастих фільтрів. Для визначення значень коефіцієнтів відбиття від границь розділу шарів використовувався алгоритм на основі динамічної передбачувальної деконволюції. Рис. 1 демонструє результати її використання для визначення зазначених параметрів бреггівської структури, що має 25 періодів, які утворені четвертьхвильовими шарами з діелектричною проникністю ε_1 = 1.5 та ε_0 = 1. Як видно з рис. 1, за імпульсною характеристикою відбиття $r(t)$, шаг дискретизації якою співпадає з часом проходження хвилі у одному шарі від одної границі до іншої і назад, неможливо визначити розподіл коефіцієнтів відбиття від границь шарів ρ_m, відтак і діелектричний профіль структури. Але застосування алгоритму на основі решітчастих фільтрів дає змогу визначити дійсний розподіл ρ_m (рис. 1б). На рис. 2 продемонстрована можливість відновлення цим методом діелектричного профілю структури із синусоїдальним законом зміни значень ρ_m (відтак і діелектричний профіль має осцилюючий характер, але у вигляді кусочно-постійної апроксимації). Алгоритм демонструє стійкість до збільшення кількості відновлених значень ρ_m.



а) імпульсна характеристика відбиття $r(t)$ **б) коефіцієнти відбиття від границь ρ_m**

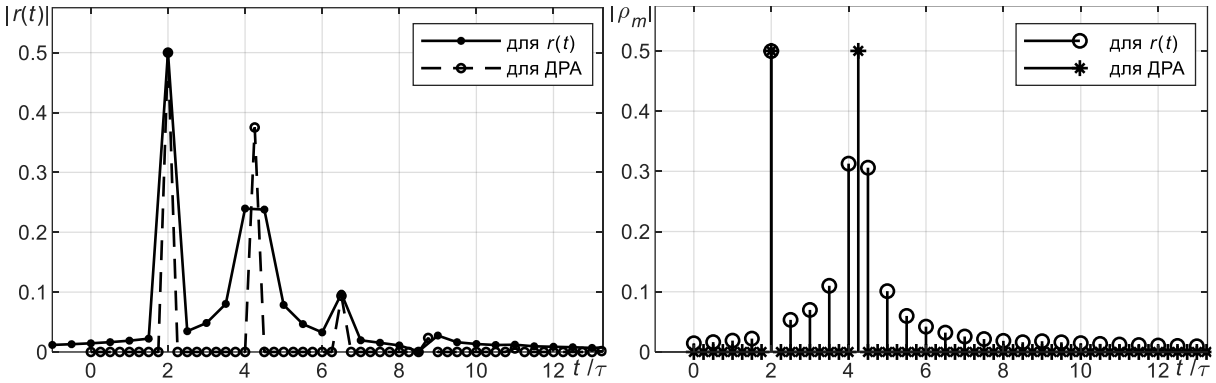
Рис. 1. Імпульсна характеристика відбиття брегівської структури (а) та відновленні за нею значення коефіцієнтів відбиття від границь розділу шарів (б)



а) імпульсна характеристика відбиття *r*(*t*) **б) коефіцієнти відбиття від границь ρ_m**

Рис. 2. Імпульсна характеристика відбиття структури з осцилюючим діелектричним профілем (а) та відновленні за нею значення коефіцієнтів відбиття від границь розділу шарів (б)

Неточне визначення параметрів шарів цим методом можливе, якщо границі шарів не попадають на просторову (часову) сітку дискретизації, що досить вірогідно для більшості практичних випадків. Для подолання цієї проблеми запропоновано використовувати дробово-раціональну апроксимацію (ДРА) характеристики $r(t)$ з наступним її відновленням на сітці з меншим кроком. Рис. 3 демонструє успішне використання даного підходу для одношарової структури з $\varepsilon = 9$, у якої задня границя попадає на середину інтервалу дискретизації, у результаті чого відбувається "розпливання" оцінки відбиття від неї. В результаті його використання оцінка ρ_m має всього 2 компоненти.



а) імпульсна характеристика відбиття *r*(*t*) **б) коефіцієнти відбиття від границь ρ_m**

Рис. 3. Імпульсна характеристика відбиття одношарової структури (а) та відновленні за нею значення коефіцієнтів відбиття від границь розділу шарів (б)

[1] Адаптивные фильтры / Под ред. К. Коуэна и П. Гранта. М.: Мир (1988). 392 с.
[2] Orfanidis S. J. Applied Optimum Signal Processing. Rutgers University (2018). 1006 p.

USE OF LATTICE FILTERS AND FRACTIONAL-RATIONAL APPROXIMATION TO DETERMINE THE PARAMETERS OF THE DIELECTRIC LAYERS

S. Bespalov, M. Andreev
Oles Honchar Dnipro National University
dnupkr@i.ua

The use of lattice filters for determining the parameters of the layers of dielectric structures was considered. Examples of using this approach to determine the parameters of oscillating dielectric profile and Bragg structures are shown. To increase the efficiency, it is proposed to use a fractional-rational approximation of the reflection impulse response.

ДРУКОВАНІ АНТЕНИ З РОЗПОДІЛЕНОЮ ІНДУКТИВНІСТЮ

С. Бухаров, С. Жаліло
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
sergeyvbuharov@gmail.com

Включення реактивних елементів у вібраторні антени дозволяє зменшити габаритні розмірі та вагу антени, розширити робочу смугу, отримати інші корисні властивості антен [1].

В роботі розглядаються друковані вібраторні антени з індуктивністю на базі короткозамкненої смужкової лінії (рис. 1).

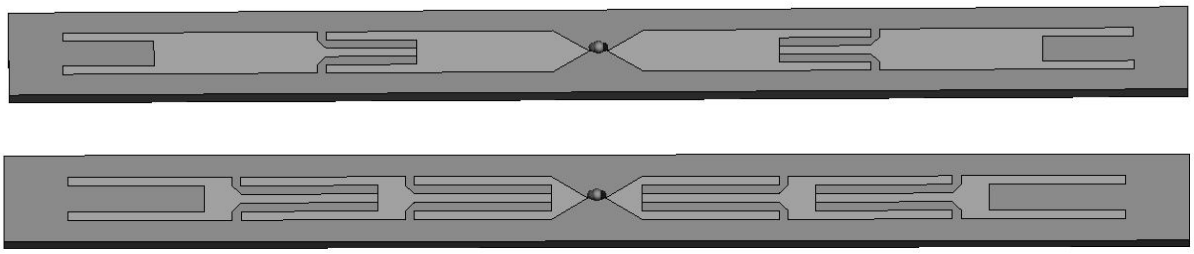


Рис. 1. Друковані вібраторні антени з розподіленими індуктивностями

В залежності від місця включення та довжини щілин можливо на 5-15% понизити робочу частоту антени, зменшити наведення токів від більш високочастотних джерел. Чисельне моделювання здійснювалося методом моментів в програмному середовищі FEKO [2]. Результати можуть бути використані для будови антен та антенних решіток для систем зв’язку різного призначення.

[1] Овсяников В.В., Свинаренко Д.Н., Безносова Е.Р., Цыпко Л.З. Методы расчета произвольно изогнутых антенн с комплексными и реактивными нагрузками // Радиофизика и электроника. – Харьков. Ж. ИРЭ НАН Украины–2019 –Т.24, № 3 – с. 67 – 82
[2] Банков С.Е., Курушин А.А. Расчет излучающих структур с помощью FEKO. – М., ЗАО «НПП «РОДНИК», 2008. – 246 с.

PRINTED ANTENNAS WITH THE DISTRIBUTED INDUCTANCE

S. Bukharov, S. Zhalilo
Oles Honchar Dnipro National University
sergeyvbuharov@gmail.com

The paper presents the results of modeling printed antennas with distributed inductance in the form of a short-ended fragment of a slotted line. The simulation was carried out by the method of moments with the FEKO environment. The results of the work can be used to create antennas and antenna arrays for communication systems.

УНІВЕРСАЛІЗАЦІЯ СТАНКА З ЧПУ

Д. Покандюк, О. Єліна, В. Сарана
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
pokandim@gmail.com

На сьогоднішній день станки з числовим програмним управлінням набули широкого розповсюдження у різних галузях промисловості. Це призвело до збільшення різноманіття даних пристроїв, що дозволило з їх допомогою вирішувати широкий спектр виробничих задач.

Робота присвячена створенню приладу з ЧПУ, здатного виконувати функції декількох станків в залежності від встановленого інструменту. Для реалізації обрано функціонал таких приладів як фрезер, токарний станок, лазерний гравер, 3D-принтер.

Після аналізу зразків готових лазерних граверів і 3D-принтерів та ринку їх комплектуючих, сформульовано вимоги до системи ЧПУ для забезпечення працездатності в якості вищеназваних станків. Необхідні значення точності та жорсткості для фрезерних і токарних станків, а також методи їх вимірювання, взято з діючих ГОСТ 17734-88 та 18097-93 [1,2]. На базі отриманих даних розроблено структурну та принципову схеми пристрою, виготовлено макет для практичних випробувань.

Макет базується на контролері Arduino Uno з прошивкою GRBL, що забезпечує широкі можливості для тестування компонентів системи в різних режимах роботи. Прошивку та налаштування контролера виконано з допомогою програми Arduino IDE. Для управління приладом у якості конкретних станків використано спеціалізовані програми: лазерний гравер — LaserGRBL, 3D-принтер — Pronterface, фрезер та токарний станок — ArtSoft Mach3. Ручне керування відбувається з допомогою програми Pronterface.

Для виконання функцій лазерного гравера застосовується лазерний модуль потужністю 5,5 Вт з комплектним драйвером. Розмір світлової точки даного лазера становить 0,1 мм, для його використання достатньо кроку 0,05 мм по осям X та У, що співпадає з вимогами точності до фрезера класу Н. Для використання приладу у якості 3D-принтеру обрано сопло діаметром 4 мм, що забезпечує оптимальне співвідношення швидкості та якості роботи для друку структурних та силових компонентів. Даний інструмент потребує кроку 0,1 мм по осі Z та 0,1 мм по X та У.

За методиками по ГОСТ 17734-88 проведено вимірювання жорсткості макету. Згідно з отриманими результатами, випробування автоматичної роботи системи в якості фрезера не проводилися. Було зроблено набір тестових проходів з ручним управлінням станком та різними параметрами глибини, швидкості та напряму фрезування. Отримані дані свідчать про можливість використання макету в якості фрезерного станка при ручному управлінні та при компенсації відхилення фрези для умов кожного робочого проходу (оброблюваного матеріалу, форми фрези та швидкості її обертання, глибини та швидкості різу).

Розроблено сукупність вимог та технічних рішень для універсалізації готових приладів, проведено випробування електронних та механічних компонентів для створення універсального приладу.

Результати роботи можуть бути корисними для використання у домашніх умовах та для розширення виробничих можливостей малих промислових підприємств.

[1] ГОСТ 17734-88 (СТ СЭВ 5937-87) Станки фрезерные консольные. Нормы точности и жесткости
[2] ГОСТ 18097-93. Станки токарно-винторезные и токарные. Основные размеры. Нормы точности.

CNC MACHINE UNIVERSALISATION

D. Pokandyuk, O. Yelina, V. Sarana
Oles Honchar Dnipro National University
pokandim@gmail.com

The work is devoted to the creation of a CNC device, capable of performing the functions of several machines depending on the installed tool. Carried out the analysis of existing machines, developed the structural scheme and schematic diagram of the device, made the model for practical tests.

Developed a set of requirements and technical solutions for the universalization of ready-made devices, tested electronic and mechanical components, needed for creating a universal device.

ФІЛЬТРАЦІЯ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ ЗАВМИРАНЬ СИГНАЛІВ У СИСТЕМАХ БЕЗПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

В. Корчинський, А. Куліш
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
korchins50k@i.ua

Сигнали безпроводових систем зв'язку утворюються у результаті інтерференції радіохвиль, що поширюються за різними напрямками. Кожна радіохвиля характеризується своїми параметрами: часом поширення, частотою, амплітудою. При зміні умов поширення, розташування та форм відбивальних об'єктів тощо інтерференційна картина набуває нестаціонарного характеру, що призводить до зміни рівня потужності прийнятого сигналу (завмирань), які у залежності від умов їх формування поділяють на високочастотні та низькочастотні [1]. Завмирання можуть розглядатися як мультиплікативний шум [2]. У даній роботі пропонується метод фільтрації таких шумів стосовно низькочастотних завмирань.

Представимо часову залежність прийнятого сигналу у вигляді $n(t)\cdot u(t)$, де $n(t)$, $u(t)$ - відповідно шумова та інформаційна компоненти. Як відомо, якщо сигнал має вигляд добутку $x(t)\cdot y(t)$, де частотні спектри множників не перетинаються, і сигнал $x(t)$ низькочастотний, то $\mathbf{H}[x\cdot y]=x\cdot\mathbf{H}[y]$, где $\mathbf{H}[.]$ - оператор перетворення Гільберта [3],

$$\mathbf{H}[y(t)]=\frac{1}{\pi}P.V.\int_{-\infty}^{\infty}\frac{y(s)}{t-s}ds\,. \qquad (1)$$

Внаслідок цього можливий поділ частот шумової та інформаційної складових прийнятого сигналу на основі гомоморфного перетворення

$\ln\left\{n(t)\cdot\mathbf{H}\left[u(t)\right]\right\}=\ln\left[n(t)\right]+\ln\left\{\mathbf{H}\left[u(t)\right]\right\}$ з наступним виділенням високочастотної складової шляхом її фільтрації.

Відновлення часової динаміки інформативного сигналу здійснюється послідовним потенціюванням високочастотної складової та її оберненим перетворенням Гільберта

$$u(t)=-\frac{1}{\pi}P.V.\int_{-\infty}^{\infty}\frac{\mathbf{H}\left[u(s)\right]}{t-s}ds\,. \qquad (2)$$

На рисунку 1 наведено сигнал із завмираннями, рисунок 2 ілюструє часові залежності реконструйованого (суцільна крива) та вихідного (пунктирна крива) сигналів.

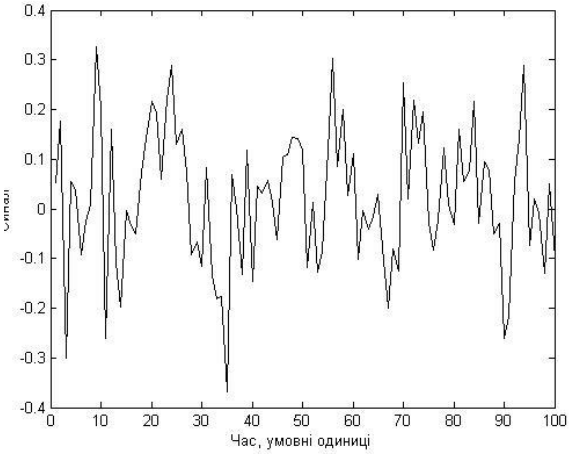


Рис. 1

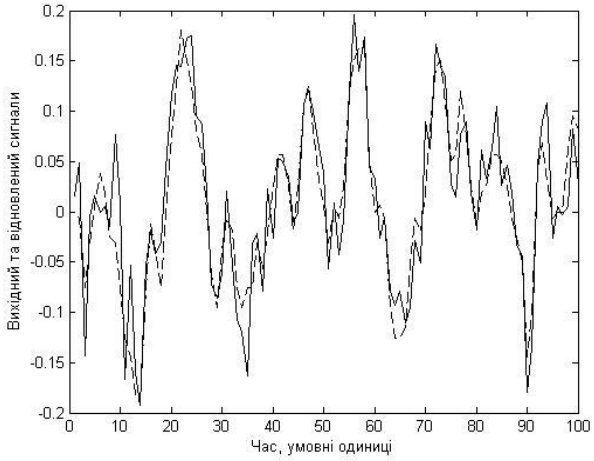


Рис. 2

Пропонований метод узагальнено на випадок подання шумової компоненти у вигляді $n(\varepsilon t)$, де ε - малий параметр, та наведені оцінки похибки, яка при цьому виникає.

[1] Ипатов В.П., Орлов В.К., Самойлов И.М., Смирнов В.Н. Системы мобильной связи. Москва: Горячая линия – Телеком. (2003). 272 с.
[2] Климаш М.М., Пелішок В.О., Михайленич П.М. Технології безпровідного зв’язку. Львів: Львівська політехніка. (2007). 818 с.
[3] Вайнштейн Л.А., Вакман Д.Е. Разделение частот в теории колебаний и волн. Москва: Наука. (1983). 288 с.

FILTRATION OF LOW-FREQUENCE SIGNAL FADING IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS

V. Korchynskyj, A. Kulish
Oles Honchar Dnipro National University
korchins50k@i.ua

A method of filtering low-frequency signal freezes in wireless communication systems has been proposed. The method is based on the separation the noise and signal informative frequencies and subsequent homomorphic processing.

МОДУЛЬНІСТЬ І ПОРТАБЕЛЬНІСТЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВБУДОВАНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ

О. Благій[1], А. Зінченко[2], Т. Прокоф'єв[1]
[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
lena111blagiy@gmail.com, t104barmalei@yahoo.com
[2]*Інститут транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг»*
zina@dsu.dp.ua

Розроблено модульну та портабельну архітектуру програмного забезпечення GPS-трекеру на базі командного інтерпретатора bash, що використовується в операційних системах сімейства Unix, схему якої наведено на рис. 1 [1].

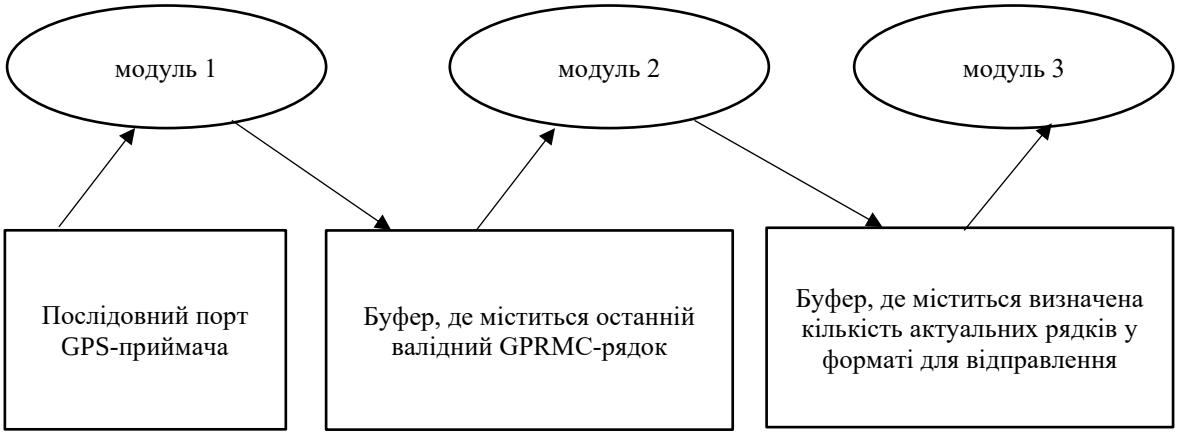


Рис. 1. Схема модульної архітектури

Модуль 1 виконує зчитування даних з GPS-приймача та їх аналіз, додатковою функцією є налаштування параметрів послідовного порту; модуль 2 – перевірку актуальності GPRMC-рядків, зміни даних у формат для відправлення та їх занесення до буфера; модуль 3 – відправлення рядків у форматі даних трекеру на сайт інструмента для GPS трекінгу, при виконанні сервісних операцій відбувається блокування буферу.

Всі три модулі працюють асинхронно, з'єднуються один з одним лише через бази даних (буфери), які є текстовими файлами, так як там зберігається лише один вид даних – рядки, яких буде зберігатися невилика кількість, а дії, які з ними виконуються – це лише їх додавання і видалення. Така архітектура дозволяє легко змінювати модулі, не пошкодивши при цьому структуру програмного забезпечення.

Можна додати нову функцію GPS-трекеру, створивши новий модуль, наприклад, який буде слідкувати за курсом, тобто при відхиленні від курсу буде повідомляти або навіть повертати об'єкт, або який буде керувати поворотами, щоб при поворотах на карті був маршрут без похибок.

Запропонована модульна архітектура, завдяки розділенню задач налаштування параметрів послідовного порту, зчитування даних з GPS-приймача та їх аналізу, перевірки актуальності GPRMC-рядків, зміни даних у формат для відправлення та їх занесення до буфера з задачами блокування буферу при виконанні сервісних операцій та

відправлення рядків на сайт GPS-моніторінгу, забезпечує ефективне використання багатозадачності операційної системи.

Розроблені модулі можуть використовуватись без перекомпіляції на різноманітних Unix-подібних системах будь-якої архітектури.

[1] Оболочка пользователя (shell) в Linux [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://white55.ru/shells.html.

MODULARITY AND PORTABILITY IN DEVELOPING SOFTWARE FOR BUILT-IN NAVIGATION SYSTEMS

O. Blahii[1], A. Zinchenko[2], T. Prokofyev[1]
[1]*Oles Honchar Dnipro National University*
lena111blagiy@gmail.com, t104barmalei@yahoo.com
[2]*Institute of Transport Systems and Technologies NASU*
zina@dsu.dp.ua

A modular and portable architecture of GPS-tracker suitable for running on any Unix-based hardware is proposed. Modularity is provided by 3 asynchronous modules performing its own tasks. The software was developed using bash command interpreter.

РОЗРАХУНОК РУПОРНОГО ВИПРОМІНЮВАЧА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ АНТЕННОЇ СИСТЕМИ

В. Морозов, В. Магро, Є. Трахтман
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
gekan1997@mail.ua

Сучасний технічний рівень розвитку суспільства зумовлює збільшення попиту на системи рухомого зв'язку. При цьому виникає необхідність у збільшенні зони обслуговування, пропускної спроможності і більш високої якості передачі даних. Інтелектуальні антенні системи дозволяють ефективно розв’язувати проблем, що є наявні у діючих системах бездротового зв'язку.

У телекомунікаційних системах випромінюючий пристрій являє собою пристрій, за допомогою якого здійснюється передача енергії електромагнітного випромінювання у вільний простір і далі до приймального пристрою. Загальна електромагнітне поле інтелектуальної антенної системи визначається векторами полів, що випромінюються окремими елементами. Ці поля в свою чергу підсумовуються відповідним чином по фазі і амплітуді. Інтелектуальні антенні системи можуть бути одно-, дво- і тривимірними. Аналіз і синтез характеристик випромінювання інтелектуальної антенної системи може бути здійснений за допомогою їх головних геометричних параметрів.

Існує щонайменше п'ять ступенів свободи, за допомогою яких може бути сформована загальна діаграма спрямованості інтелектуальної антенної системи, що складається з однакових елементів. Це: геометрична конфігурація решітки (лінійне розміщення, двовимірне розміщення, тощо); відносна величина зсуву між елементами; амплітудне збудження окремих елементів; фазове збудження окремих елементів; різні діаграми спрямованості окремих елементів.

Метою дослідження є розрахунок хвилеводного випромінюючого пристрою інтелектуальної антенної системи на основі випромінювача складної геометричної форми, що містить діелектричні матеріали.

Особливий інтерес представляють хвилеводні випромінюючі пристрої складної геометричної форми, які дозволяють сформувати діаграму спрямованості необхідної форми. Додатково такі випромінювачі складної геометричної форми можуть містити діелектричні матеріали. Наявність таких матеріалів допомагає узгодженню окремого випромінювача з вільним простором.

Традиційно для узгодження антенної решітки з вільним простором використовуються діафрагма скінченої товщини (рис. 1, б), повні чи неповні вирізи в стінках хвилеводів (рис.1, в, г), ступінчастий виріз в стінках хвилеводів (рис. 1, д) [1]. Проте дані технічні прийоми не дозволяють узгоджувати випромінювач в широкій смузі кутів сканування.

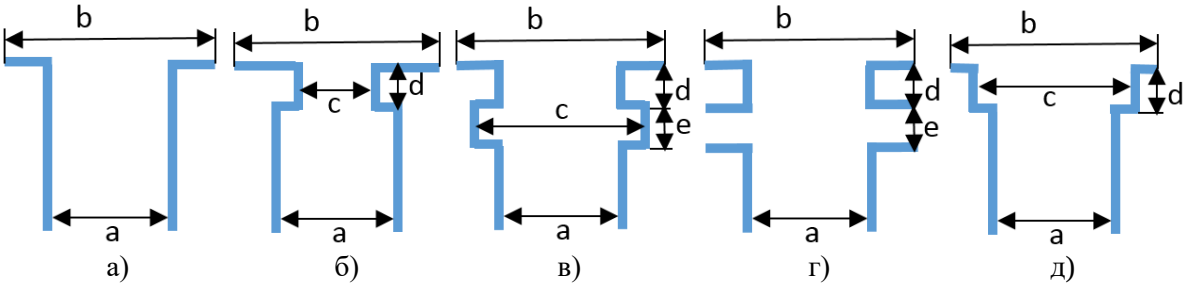


Рис. 1. Поодинокий випромінюючий елемент інтелектуальної антенної системи
а) без ступінчастих неоднорідностей; б) з діафрагмами кінцевої товщини; в) з «неповним» вирізом в стінках хвилеводів; г) з «повним» вирізом в стінках хвилеводів; д) зі ступінчастим вирізом в стінках хвилеводів

Для поліпшення узгодження випромінювача з вільним простором може бути застосовано хвилеводний випромінювач складної геометричної форми (рис. 2). Наявність діелектричних матеріалів в такому випромінювачі додатково узгоджує цей випромінювач та запобігає виникненню явища «осліплення» під час сканування.

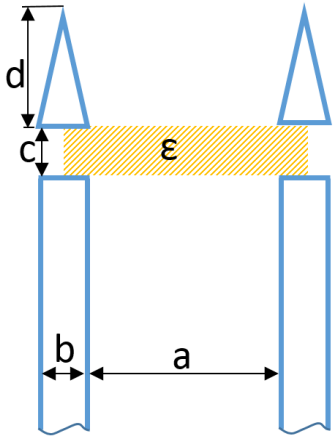


Рис. 2. Хвилеводно-рупорний випромінювач

Досліджено вплив діелектричних матеріалів у випромінювачі складної форми на характеристики випромінювання. Проведена оптимізація геометричних розмірів решітки та вибір оптимальних параметрів діелектричних матеріалів в решітці.

[1] Gnatyuk M.A., Morozov V.M. An integral equation technique for the analysis of phased array antenna with matching step discontinuities. Journal of Physics and Electronics. Vol. 26(2), No. 2. (2018). P.101–106.

CALCULATION OF THE HORN RADIATOR OF THE INTELLECTUAL ANTENNA SYSTEM

V. Morozov, V. Magro, E. Trakhtman
Oles Honchar Dnipro National University
gekan1997@mail.ua

Computer simulations of horn array with matching elements are carried out. The paper considers a complex matching element, namely: a dielectric coating over the aperture of the antenna array and horn. The dependence of the reflection coefficient R_{10} on the phase shift between the waveguides was investigated. The optimal geometric dimensions of the matched element are found.

GLANUMOMETRIC DISTRIBUTION OF POWDER POWDERS FOR THICK FILM TECHNOLOGY

Ya. Lepikh, V. Borshchak, N. Sadova, N. Zatovskaya
Odesa I.I. Mechnikov National University
ndl_lepikh@onu.edu.ua

Nanocomposite materials are most in demand today, as they are widely used for electronic products. Elements based on them have a wide range of resistivities, high enough stability and reliability. These properties are provided by the uniqueness of their manufacturing technology, which is based on powder metallurgy. The dispersed composition (particle size distribution) is one of the most important characteristics of nanopowders, which determines their physicochemical properties.

Nanocomposites based on "glass - metal compounds" were studied in this work. The formation was carried out by annealing resistive pastes (at a temperature of 870^0C), which are a mixture of functional material powders (RuO_2), glass and organic fertilizer as a bundle. In the process of the paste annealing the glass powder is melted and sintered into a glass matrix, in which the particles of the functional phase are distributed, forming conductive chains. The powder dispersion plays a significant role in ensuring the reproduction and the nanocomposite electrophysical parameters stability [1-3]. The particle sizes and powder dispersion of both the source glass and the functional material RuO_2 were studied. The investigation objects were the most commonly used in thick-film technology powders of lead-alkali-silicate glasses (№№ 279, 2005, 2006-2, 2006-3, 2006-8, 2005) and powders of functional material RuO_2. Analysis of the obtained histograms showed that glass powders №№ 2006-3, 2006-8, 2005 have a particle size of the order of fractions up to 8-13 μm^2.As for ruthenium oxide powders, they were characterized, at a relatively high dispersion, quite high homogeneity. The films with glass particle sizes (0.5 μm, 1 μm, 3 μm, 5 μm) and ruthenium oxide with particles (0.05 - 0.1 μm) investigation have shown that as the phase-glass conductive ratio increases, the surface resistivity decreases, and the resistance temperature coefficient passes from the negative region to the region of positive values, moreover, the greatest influence on the glass particle size has at RuO_2 low content. The films resistance increases with the glass content increasing and the highest growth rate is observed for glass frit with a particle size of 0.5 μm. As the RuO_2 concentration increases, the resistance tends to saturation and does not depend on the glass particle size. Thus, by changing the glass component phase and particle size distribution at different initial components concentrations ratios, it is possible to vary the electrophysical parameters of the obtained nanocomposites.

[1] Kurmashev Sh.D., Sadova NN, Lavrenova TI, Bugaeva TN Investigation of the reproducibility of electrophysical parameters of thick-film structures “RuO_2 - glass” // TKRA. - 2005. - №4 (58) - p. 62-64.
[2] Ya.I.Lepikh, T.I. Lavrenova, N.M. Sadovaja Structural-phase and Electrophysical Properties of Nanocomposits Based on the “Glass-Ni_3B” System, Received by the Cathode Beam Annealing// Journal of nano- and electronic physics, (Журнал нано- та електронної фізики) Vol. 9 No 5, 05005-1 – 05005-4(4pp) (2017), Sumy State University
[3] Ya.I.Lepikh, T.I. Lavrenova, T.N. Bugayova., N.P. Zatovskaya, P.O. Snigur Annealing temperature modes influence on properties of heterophase nanocomposites based on ceramics “glass – Ag-Pd” systems// J. Functional Materials.- Vol. 21, No. 3 (2014). – P. 297-301.

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК ОКСИДУ МІДІ (CuO)

С. Курищук[1], Т. Ковалюк[1,2], М. Солован[1], П. Мар'янчук[1]
[1]*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*
[2]*Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics*
kuryshchuk.serhii@chnu.edu.ua

В даний час плівки оксиду міді застосовуються для вирішення задач в області електроніки. Відомий як напівпровідник p-типу, оксид міді (CuO) має такі переваги: він є нетоксичним і володіє високою ефективністю перетворення сонячної енергії в електричну. Тому він широко використовується в фотоелектричній галузі, літій-іонних батареях, біологічних датчиках, газових датчиках, магнітних накопичувачах, мікроприладах та в якості негативних електродів [1-2].

В останні роки основним питанням застосування оксидів міді в якості компонентів для конструкції сонячних елементів являється покращення оптичних, електричних і структурних характеристик цих оксидів. Теоретичний ККД сонячних елементів на основі оксиду міді досить високий. Нетоксичність і найбільш економічний коефіцієнт виробничого процесу могли б зробити оксиди міді альтернативою кремнію, який в основному використовується для виробництва сонячних елементів [2]. Отже, тонкі плівки оксиду міді можуть бути використані для виготовлення сонячних елементів і фотоприймачів.

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 – 100°C та для зразка №2 – 250°C. Вакуумна камера має товщину 10 мм і виготовлена з нержавіючої сталі. В ній проводиться відкачка газу до високого вакууму за допомогою турбомолекулярного насосу до $5\cdot10^{-5}$ мбар ($5\cdot10^{-3}$ Па) за 20 хвилин. Контролюється тиск залишкових газів за допомогою іонізаційної та термопарної ламп.

Оптичні властивості тонких плівок CuO досліджували за допомогою приладів: спектрофотометра СФ-2000 та ІЧ спектрофотометра Nicolet-6700 в діапазоні довжин хвиль від 400 до 2800 нм.

На рис. 1 зображено спектри пропускання тонких плівок CuO. З рисунка також видно, що в області власного поглинання плівок оксиду міді підкладка є прозорою.

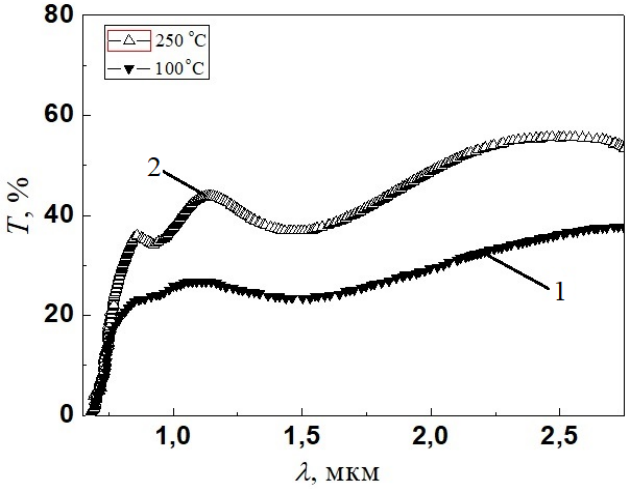


Рис. 1. Спектри пропускання плівок CuO

На спектрі пропускання зразка №2 видно періодичні піки та впадини, які обумовлені інтерференційними явищами, що свідчить про хорошу однорідність та якість поверхні тонких плівок. Оптичні коефіцієнти тонких плівок (показник заломлення *n(λ),* товщина плівок *d*, коефіцієнти поглинання *α(λ)* та екстинції *k(λ)*) визначаються із спектрів пропускання, на яких спостерігаються інтерференційні явища, використовуючи конвертний метод. Цей метод можна застосовувати при слабкому поглинанні тонкими плівками та прозорості підкладки, товщина якої значно більша від товщини плівки. У даній роботі ці вимоги задовольняються.

На рис. 2 зображено графік залежності $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$ для зразків CuO.

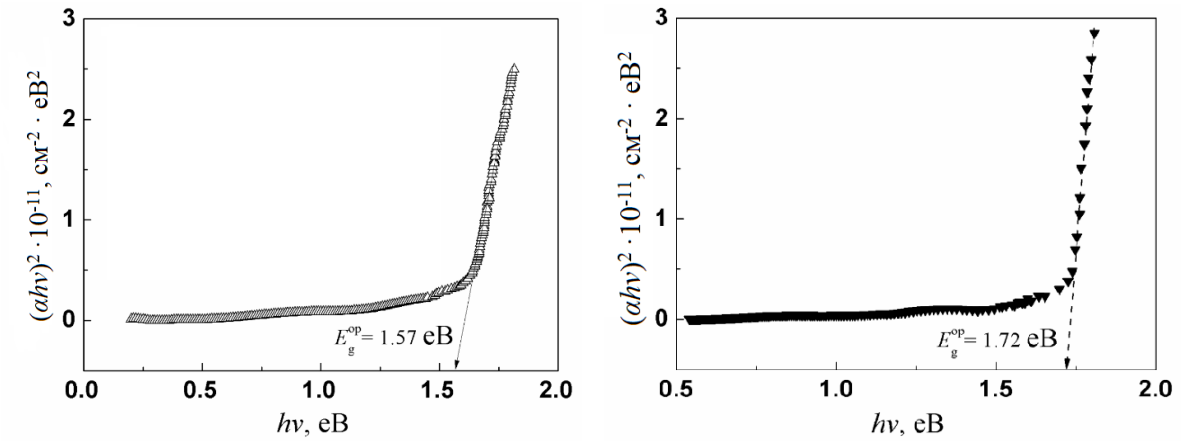


Рис. 2. Графік залежності $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$ для зразків CuO

Шляхом екстраполяції лінійної ділянки кривої $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$ до перетину з віссю енергії *hν*, визначено оптичну ширину забороненої зони для зразків CuO (E_g^{op} = 1.57 еВ); (E_g^{op} = 1.72 еВ).

[1] Physics and Chemistry of II–VI Compounds, Ed. By M. Aven and J. S. Prener (North-Holland, Amsterdam,1967).
[2] К. Чопра, С. Дас, Тонкопленочные солнечные елементы. (Москва: Мир, 1986. 440 с.).

INVESTIGATION OF OPTICAL PROPERTIES OF THIN FILMS OF COPPER OXIDE (CUO)

S. Kuryshchuk[1], T. Kovalyuk[1,2], M. Solovan[1], P. Maryanchuk[1]
[1]*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*
[2]*Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics*
kuryshchuk.serhii@chnu.edu.ua

The optical properties of CuO thin films were investigated using devices: SF-2000 spectrophotometer and Nicolet-6700 IR spectrophotometer in the wavelength range from 400 to 2800 nm. The calculation of optical properties was also performed on the basis of independent measurements of reflection and transmission coefficients. The optical band gap for the two samples was determined by extrapolating the linear section of the curve $(\alpha h\nu)^2 = f(h\nu)$ to the *hν* axis. For the CuO samples E_g^{op} = 1.57 eV; E_g^{op} = 1.72 eV.

ТОНКІ ШАРИ ОКСИДУ МІДІ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ТРЕТЬОГО ПОКОЛІННЯ

О. Д'яченко[1,2], Р. Пшеничний[1], А. Опанасюк[1], Я. Ковач[2]
[1]*Сумський державний університет*
[2]*Словацький технологічний університет у Братиславі*
oleksii.di@gmail.com, alexey.dyachenko@ukr.net

Оксид міді - напівпровідник з властивостями, що роблять його перспективним для використання у різних областях електроніки, сенсорики, каталізу та як матеріал датчиків та приладів оптоелектроніки. Це екологічно безпечна, нетоксична сполука, яка містить елементи, що є одними з найпоширеніших на Землі. У наш час традиційними матеріалами для створення поглинальних шарів сонячних елементів (СЕ) першого та другого поколінь є Si, CdTe, GaAs, InP, CIGS. Але оксиди міді можуть бути перспективною альтернативою їм при створенні дешевих плівкових фотоперетворювачів 3-го покоління. Існує дві фази цієї сполуки - CuO і Cu_2O, які можна використовувати для виготовлення шарів СЕ. При цьому значення ширини забороненої зони E_g сполуки CuO (~ 1,5 еВ) відповідає екстремуму Шоклі – Квайзера. Це забезпечує максимальну ефективність перетворення енергії сонячного випромінювання в електричну в однопереходних СЕ. Оксид Cu_2O *p*-типу провідності - прямозонний напівпровідник з шириною забороненої зони приблизно E_g = (2,0 – 2,6) еВ. Це цілком підходить для виготовлення віконних шарів перетворювачів сонячного випромінювання на основі інших поглинальних матеріалів *n*-типу провідності з підвищену рухливість носіїв заряду та поглинальних шарів оптично прозорих у видимому діапазоні фотоелектричних приладів.

Існують різні фізичні і хімічні методи осадження тонких плівок, які можна використовувати для одержання тонких шарів CuO, але хімічні методи серед них є більш дешевими та енергоощадними. Одним з таких методів є метод спрей-піролізу.

Метою роботи є встановлення впливу фізико- та хіміко-технологічних умов нанесення методом спрей-піролізу функціональних шарів CuO на їх структурні та оптичні характеристики з метою оптимізації.

Для визначення структурних характеристик шарів використовували рентгенівський дифрактометр Bruker D8 Advance. 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.) в діапазоні сканування кутів 2θ від 30° до 80°, де 2θ - кут Вульфа-Бреггів. Результати експерименту передавались безпосередньо в програмне забезпечення DifWin для аналізу.

Дифрактограми від шарів CuO, нанесених при температурі підкладки від T_s = 600 К до T_s = 725 К, наведені на рис. 1, вертикальними лініями тут позначені кути відбивання від моноклінної фази CuO (картка JCPDS № 00- 048-1548). Встановлено, що в шарах, отриманих при температурі підкладки 600 К, спостерігаються сліди такої сполуки як гідроксид міді ($CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$). Жодних інших фаз у зразках, нанесених при більших температурах підкладки, не виявлено. Це вказує на те, що отримані при більщ високих температурах плівки CuO були однофазними. Аналіз показав, що домінуючими на дифрактограмах є відбиття від кристалографічних площин (11-1) та (111) моноклінної фази CuO, що свідчить про наявність в плівках текстури росту.

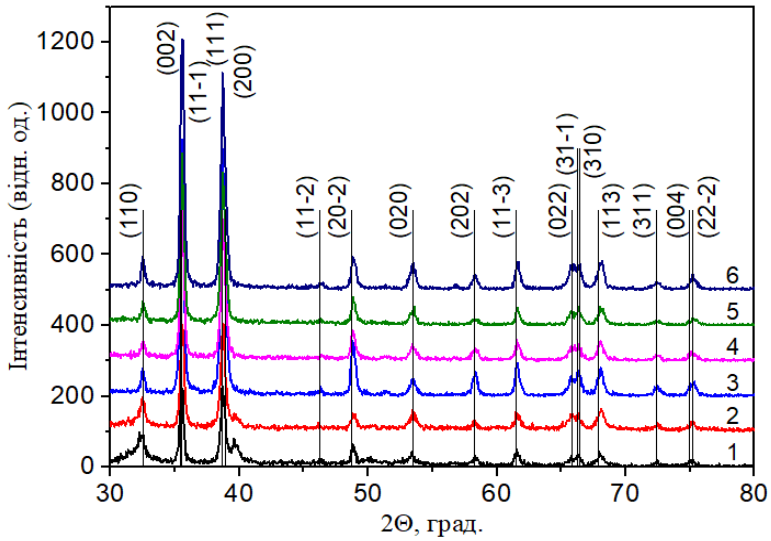


Рис. 1. Дифрактограми від тонких шарів оксиду міді, нанесених при різній температурі підкладки, T_s: 1) 600 К, 2) 625 К, 3) 650 К, 4) 675 К, 5) 700 К, 6) 725 К

Для проведення оптичних вимірювань, при температурі підкладки 625 К та використанні різної кількісті розпиленого прекурсора (1 мл, 2 мл, 3 мл) було нанесено серію плівок CuO. Отримані спектральні залежності коефіцієнта поглинання зразків в діапазоні довжин хвиль від 250 нм до 950 нм показують, що шари CuO мають досить високі значення коефіцієнту поглинання у видимому діапазоні, яке зменшується зі збільшенням довжини хвилі. Найвищі значення коефіцієнту поглинання спостерігаються в зразках нанесених при більшій кількості розпиленого прекурсору, а отже більшій товщині шару. Аналіз залежностей $(\alpha h\upsilon)^2$ - $(h\upsilon)$ побудованих для тонких шарів CuO показав, що ширина забороненої зони оксиду в залежності від умов нанесення лежить від інтервалі від 1,51 еВ до 1,63 еВ. Ці значення добре узгоджуються із значеннями, наведеними для тонких плівок CuO іншими авторами.

В результаті досліджень встановлено, що плівки CuO, нанесені методом спрей-піроліза, мають характеристики, що роблять їх придатними для використання як поглинальні шари при створення дешевих СЕ третього покоління.

COPPER OXIDE THIN LAYERS FOR USE IN THIRD GENERATION PHOTOGRAPHS

O. Diachenko[1,2], A. Opanasyuk[1], J. Kovac Jr.[2]
[1]*Sumy State University*
[2]*Slovak University of Technology in Bratislava*
oleksii.di@gmail.com, alexey.dyachenko@ukr.net

We report a facile and low-cost thin layer deposition method to synthesize nanocrystalline CuO. The influence of deposition parameters on the physical properties of nanocrystalline CuO thin films was investigated. X-ray diffraction studies show that all the films exhibit polycrystalline nature with a monoclinic crystal structure. Absorbance spectra showed that CuO film has high absorbance in the visible region. Bandgap energy of CuO is found to be from 1.51 – 1.63 eV. The result of this study is that CuO thin layers have the potential to be developed as an absorbing layer for third-generation solar cells.

ТЕОРЕТИЧНЕ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛАСТООПТИЧНГО ЕФЕКТУ, ІНДУКОВАНОГО КОНТАКТНИМ НАГРІВОМ НЕКРИСТАЛІЧНОГО МАТЕРІАЛУ

І. Матяш[1], І. Мінайлова[1], О. Міщук[1], Б. Сердега[1], Р. Терлецький[2]
[1]*Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України*
[2]*Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України*
bserdega@isp.kiev.ua.

Теоретично та експериментально з використанням техніки модуляційної поляриметрії досліджено еластооптичний ефект в зразку із кварцового скла, у якому механічні напруги σ(r,t) та оптична анізотропія показника заломлення Δn(r,t) індуковані в часі і просторі неоднорідним тепловим потоком від контактного нагріву зразка. Оптична схема для вимірювання еластооптичного ефекту, що стала класичною з публікації Брюстера [1], була доповнена фотопружним модулятором поляризації [2], деталі функціонування і налаштування якого на реєстрацію лінійного двопроменезаломлення, індукованого одновісним напруженням, викладено в [3]. Удосконалення методу використанням модуляції поляризації дозволило підвищити його виявну здатність щодо величини термопружності настільки, що її достовірна реєстрація стає можливою в умовах перепаду температур на кінцях зразка в одиниці градусів.

Результати сканування лазерним променем скляного зразка у вигляді бруска вздовж напрямку потоку тепла через 1, 5 і 20 хв. після включення джерела тепла приведено на рис.1а. Подвійне інтегрування експериментальних кривих дає змогу отримати розподіл температури всередині зразка (рис 1б), що відмінний від отриманого за допомогою температурного датчика.

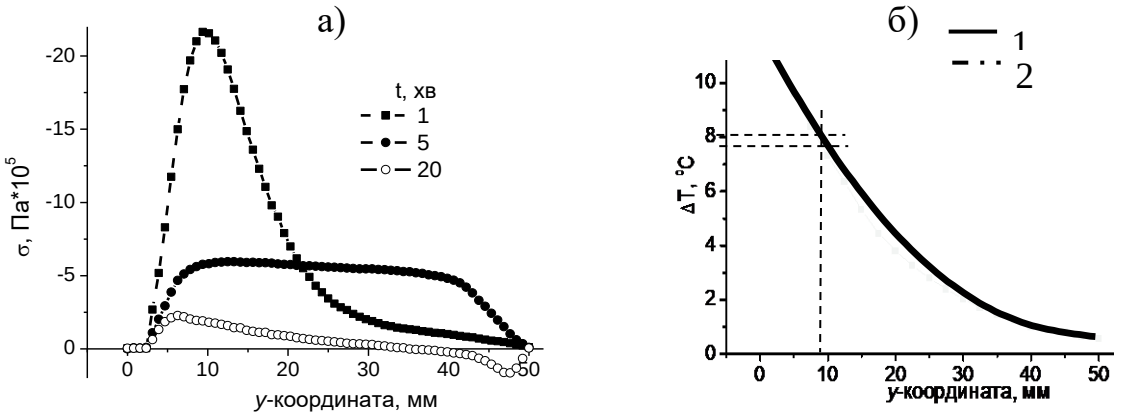


Рис. 1: а) -Координатний розподіл термонапруги σ(y) в зразку від теплового потоку контактного походження з нагрівача потужністю 1 Вт в різні моменти часу після увімкнення нагріву; б) - розподіл ΔT (*y*), (крива 1), отриманий подвійним інтегруванням функції σ(*y*) 1 хв рис. а), і вимірюванням на *y-x* поверхні датчиком температури при t = 1 хв (крива 2)

Результати вимірювання поперечного розподілу σ(*z*) (рис. 2а) відрізняються від поздовжнього наявністю протилежного знаку. При цьому знак напруги в середній частині зразка збігається з розподілом σ(*y*), що природно, так як при однакових параметрах простору і часу повинні збігатися і амплітуди. Що ж до наявності напруги додатного знаку то, по-перше, його походження є реакцією пружного середовища в

приповерхневому шарі на напруження від'ємного знаку в об'ємі, а по-друге, компонента теплового потоку, нормальна до поверхні, створює температурну функцію з кривизною протилежного знаку щодо об'єму (штрихова крива на рис. 2а).

Математичне моделювання термонапруженого стану зразка в умовах незв'язаної задачі термопружності в тілі, що визначається рівнянням теплопровідності Фур'є – Кірхгофа, із врахуванням тепловиділень, зумовлених поглинанням і випромінюванням теплової енергії має вигляд:

$$\frac{1}{a}\frac{\partial T}{\partial t} + Q_{ir} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + Q_{ir}^{(a)} + Q_{ef}\,, \qquad (1)$$

де доданок тепловиділень Q_{ir} пов'язаний з радіаційною компонентою власного випромінюванням матеріалом тіла теплової енергії теплопереносу, $Q_{ir}^{(a)}$ – з поглинанням цієї енергії, Q_{ef} - як з поглинанням енергії зовнішнього, так і перевідбитого власного випромінювання. Саме такий теоретичний розрахунок рис. 2б ілюструє якісне збігання з експериментом.

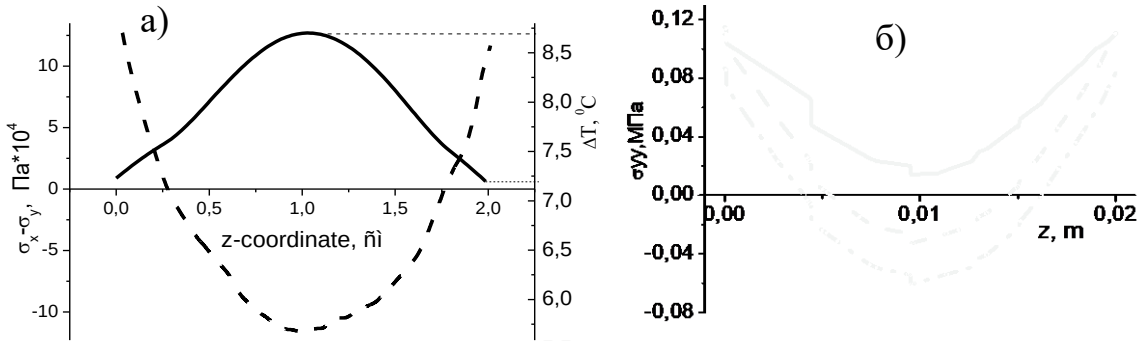


Рис. 2 а) - Експериментальна функція $\sigma_{y\text{-}z}(z)$ в позиції променю y = 1 см – штрихова; суцільна - розподіл $\Delta T(z)$, отриманий подвійним інтегруванням функції $\sigma_{y\text{-}z}(z)$, б - теоретичний розрахунок $\sigma_{yy}(z)$ в різні моменти часу: 1 хв – суцільна , 5 хв – штрихова, 20 хв - штрих-пунктирна

[1] Brewster D. Philosophical Transactions. The Royal Society. Vol. 105. (1815). P. 29-53.
[2] Jasperson S.N., Sahnatterly S.E. An improved method for high-reflectivity ellipsometry based on a new polarization modulation technique. Review of Scientific Instruments. Vol. 40(6). (1969). P.761-767.
[3] Сердега Б.К. Модуляційна поляриметрія. Київ: Наукова думка. (2011). 238 с.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF ELASTO-OPTICAL EFFECT INDUCED BY CONTACT HEATING OF A NONCRYSTALLINE MATERIAL

I. Matyash[1], I. Minailova[1], O. Mischuk[1], B. Serdega[1], R. Terletsky[2]
[1]*Lashkarev Institute of Semiconductor Physics, National Academy of Sciences of Ukraine.*
[2]*Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics, National Academy of Sciences of Ukraine.*
irinaminailova125@gmail.com

The elasto-optical effect in a quartz glass sample has been studied theoretically and experimentally using the modulation polarimetry technique. Mechanical stresses σ (r, t) and optical anisotropy of the refractive index Δn (r, t) are caused by an inhomogeneous heat flux from contact heating of the sample. Mathematical modeling of the thermally stressed state of the sample performed under the conditions of an unconnected problem of thermoelasticity. A qualitative agreement between the experiment and theoretical calculations is shown in the work.

МЕТОД ДЕКОМПОЗИЦІЇ СУМИ ГАУСОВИХ ФУНКЦІЙ, ЯКІ ВХОДЯТЬ ДО СКЛАДУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СПЕКТРУ ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЇ

О. Коваленко, С. Вовк, Є. Плахтій
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kovalenko.dnu@gmail.com

Фотолюмінісцентна (ФЛ) спектроскопія є одним з основних експериментальних методів вивчення оптичних властивостей діелектричних і напівпровідникових кристалів, мікро- та наноструктур. Вона застосовується в медицині, фізиці, хімії, біології. Аналіз спектрів ФЛ дозволяє отримувати інформацію про структуру енергетичних рівнів оптично активних центрів, їх природу, енергію активації, час життя носіїв заряду в збудженому стані.

Одним з найбільш поширених методів розкладання експериментальних спектрів ФЛ на індивідуальні елементарні смуги є метод Аленцева-Фока. Він ґрунтується на тому, що при зміні умов збудження спектр ФЛ змінює свою форму внаслідок перерозподілу інтенсивності випромінювання елементарних смуг, які пов'язані з різними центрами. Вельми ефективним способом виявлення індивідуальних смуг ФЛ є метод λ-модуляції, який дозволяє експериментально виявити дуже слабкі елементарні смуги. До того ж, як правило, здійснюється реєстрація першої, а іноді й другої похідною оптичного сигналу. Метод похідної спектроскопії (МПС) є математичним методом обробки експериментальних даних, він дуже схожий з методом λ-модуляції. У ньому похідні від експериментального спектра ФЛ отримують шляхом відповідного розрахунку. МПС дозволяє виявляти в складі експериментального спектра ФЛ індивідуальні смуги малої інтенсивності, оцінювати стан їх максимумів, напівширин й амплітуд [1].

Слід також відзначити наявність різних математичних алгоритмів, які дозволяють розкладати спектр ФЛ на індивідуальні смуги по одному експериментальному спектру, такі як: генетичний алгоритм, симплекс метод, метод Левенберга-Марквардта, метод Фур'є-деконволюції і т.д. Але кожен з цих методів має свої обмеження. Генетичний алгоритм, симплекс метод і метод Левенберга-Марквардта вимагають апріорної інформації про місце положення максимуму, ширини смуг, максимально можливої амплітуди. Метод Фур'є-деконволюції дуже критичний до наявності шуму, крім того, він вимагає слабкого перекриття вихідних гаусових функцій.

Аналіз літературних джерел показує, що на даний момент методи розкладання експериментальних спектрів ФЛ вимагають подальшого вдосконалення. До того ж в багатьох випадках, завдання розкладання експериментального спектра ФЛ на індивідуальні складові бажано було б реалізувати на основі одного експериментального вимірювання. У даній роботі пропонується метод декомпозиції суми гаусових функцій (МДСГФ), які входять до складу експериментального спектру ФЛ. Розрахунок параметрів гаусіанів здійснюється за трьома експериментальними точками. Розкладання спектра ФЛ проводиться на основі одного виміру.

Для демонстрації можливостей методу було проведено чисельне моделювання. Спектр ФЛ моделювався в діапазоні довжин хвиль 480-720 нм з кроком $\Delta\lambda = 0.5$ нм, що відповідало $N = 481$ дискретним відлікам. Модель спектра була призначена для імітації реального спектру ФЛ кристала ZnS:Mn і задавалася сумою п'яти гаусових функцій. До суми гаусових функцій додавався постійний фон амплітуди $A_0 = 50$ і шум, який імітував шум фотоелектронного помножувача у вигляді суми шуму, що залежить від амплітуди сигналу і теплового шуму. Згладжування проводилося методом Тихонова [2]. На рис.1

наведено синтезований спектр ФЛ, що складається з п'яти гаусіан, і спектр, отриманий в результаті розв'язання оберненої задачі МДСГФ. На рис.1 видно, що помилка у визначенні величини амплітуди мала, інші параметри індивідуальних смуг були визначені з точністю до цілого числа. Для коректної роботи методу необхідна велика кількість вихідних точок «з обох країв» експериментального спектра і відмінність між місцями розташування максимумів індивідуальних смуг на величину не менше максимальної півширини індивідуальної смуги σ. Математичне моделювання показало, що даний метод критичний до наявності шумів. Мінімальна помилка у визначенні параметрів індивідуальних смуг становить 0.3-0.5% при співвідношенні сигнал/шум=10000. При співвідношенні сигнал/шум=1000, помилка у визначенні параметрів індивідуальних смуг зростає до 2-3%.

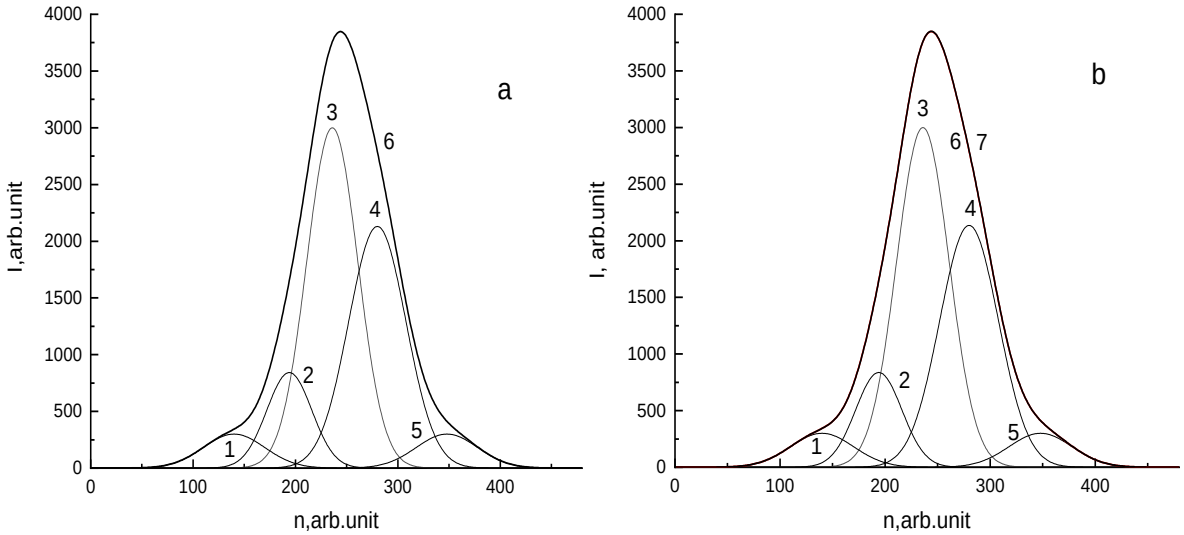


Рис. 1. Синтезований спектр ФЛ (6), який складається з п'яти (1-5) елементарних смуг гаусової форми (а); результат розкладання синтезованого спектра ФЛ (7) МДСГФ на п'ять індивідуальних смуг (1-5)

[1] Kovalenko, A. V., Plakhtiy, E. G., & Vovk, S. M. Application of derivative spectroscopy method to photoluminescence in ZnS: Mn nanocrystals. Ukrainian journal of physical optics. Vol. 19. (2018). P. 133-138.
[2] Kovalenko, A. V., Vovk, S. M., Plakhtiy, E. G.. Smoothing photoluminescence spectra and their derivatives for identification of individual bands. Funct. Mater. Vol 27. (2020). P. 424-433.

THE METHOD OF DECOMPOSITION OF THE SUM OF GAUSSIAN FUNCTIONS, WHICH ARE A PART OF THE EXPERIMENTAL SPECTRUM OF PHOTOLUMINESCENCE

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

The paper proposes a decomposition method of the sum of individual Gaussian emission bands which are the constituents of the experimental PL spectrum. The process of decomposition of the experimental spectrum into individual components is performed on the basis of one experimental measurement, while the parameters of individual emission bands (amplitude value, position of the maximum and half-width of the spectrum) are calculated according to three experimental points.

ЕЛЕКТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБМЕЖУВАЧА НАПРУГИ НА ОСНОВІ СТРУКТУРИ ТИПУ БАГАТОШАРОВІ ВАРИСТОРИ - ПОЗИСТОР

О. Іванченко, С. Мазурик, О. Ахмеров
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
IvanchenkoAV@ukr.net

Обмежувач напруги на основі комбінованої структури із шарів варисторної кераміки та позисторного нанокомпозиту технології “PolySwitch”, які перебувають у тепловому контакті, розглядається останнім часом як перспективний елемент захисту від перенапруги компонентів фотоелектричних систем сонячних електростанцій [1, 2]. Проблемним місцем у розробці такого пристрою є необхідність використання низьковольтних (5-12 В) варисторних шарів значної площі. Для цих цілей найбільш придатними по класифікаційній напрузі є багатошарові (чип) варистори, тому що дискові варистори, як правило, є більш високовольтними. У цьому випадку мініатюрність чип варисторів є основним недоліком, оскільки окремий такий варистор має малу поверхню та не може забезпечити достатню теплову енергію, необхідну для нагріву позисторного шару до температури його переходу в низкопровідний стан. У даній роботі для реалізації розглянутого обмежувача напруги досліджені можливості використання паралельного електричного з’єднання декількох низьковольтних чип варисторів, які перебувають в тепловому контакті між собою і з позисторним шаром.

Робочий елемент (шар діаметром 24 мм і товщиною ~ 3 мм) зібраний з 39 комерційних низьковольтних SMD варисторів SIOV-CT1206M4G (розміри 3,2 × 1,6 × 1,7 мм; класифікаційна напруга 8 В; коефіцієнт нелінійності 10-30), які використовувалися в якості багатошарових варисторів, а в якості позистора – запобіжник PPTC типу FRX375-60F (шар діаметром 24 мм і товщиною ~ 1 мм; опір елемента в провідному стані становить 0,08 Ом; температура спрацьовування 125 °С). Тепловий контакт між ними забезпечувався використанням кремнійорганічної теплопровідної пасти КПТ-8.

Досліджені залежності вихідної напруги, яка вимірюється на багатошаровому варисторі й, отже, на навантаженні, що підключено до нього паралельно, падіння напруги на позисторі, струму, який протікає через структуру, і значення температури обмежувача від вхідної напруги. Також виміряні зміни вказаної температури від часу при прикладанні до структури типу багатошарові варистори - позистор постійної напруги, що перевищує напругу обмеження. Вхідна напруга подавалася від стандартного регульованого джерела напруги. Виміри величин струму та напруги проводилися промисловими амперметрами і вольтметрами. Значення температури фіксувалося за допомогою термопари.

При подачі на структуру вхідної напруги струм, який протікає через структуру, нагріває багатошарові варистори. Тепло, яке розсіюється ними, нагріває позистор, що приводить до збільшення його опору, і в результаті відбувається перерозподіл вхідної напруги між ними. Таким чином, при вхідній напрузі, що перевищує задане значення напруги обмеження, на багатошарових варисторах падає напруга, яка дорівнює напрузі обмеження 11-11,6 В, а інша частина падає на позисторі. При цьому температура структури близька до температури спрацьовування позистора. Зі збільшенням вхідної напруги спостерігається незначне зменшення напруги обмеження та істотне зниження струму, що протікає.

Кінетичні залежності температури досліджуваного обмежувача напруги показані на рис. 1. При подачі вхідної напруги, що обмежується, час переходу в стан обмеження менше 30 с, після її відключення час релаксації складає декілька сотень секунд. Зі збільшенням напруги, що прикладається, спостерігається зменшення часу спрацьовування пристрою. В стаціонарному стані температура пристрою складала ~ 115 °С для всіх застосованих значень вхідної напруги.

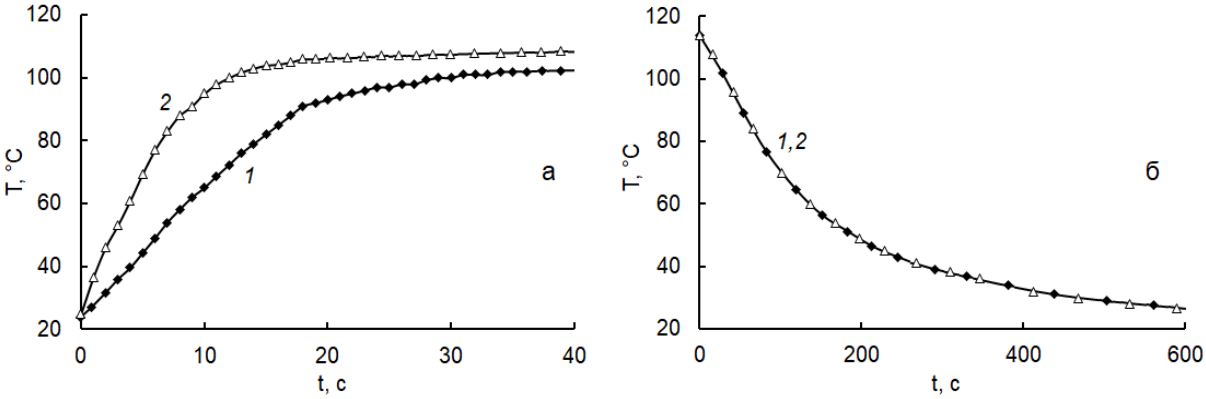


Рис. 1. Зміна в часі температури досліджуваної структури при прикладенні (а) та після відключення (б) постійної напруги *U*, В: *1* – 13; *2* – 14

Як видно, пристрій захисту на основі полімерного позистора, що перебуває в тепловому контакті з багатошаровими варисторами, здатен забезпечити захист від тривалої перенапруги, зокрема його можна використовувати для захисту фотоелектричних компонентів сонячних батарей.

[1] Köntges M., Kurtz S., Packard C. et al. Review of failures of photovoltaic modules. Report IEA-PVPS T13-01:2014. Photovoltaic Power Systems Programme. International Energy Agency (2014). 132 p.
[2] Nakashydze L.V., Tonkoshkur A.S., Ivanchenko A.V. et al. Providing energy-saving technologies: technical, ecological and economic aspects. Collective monograph. New York: Yunona Publishing. (2019). 136 p.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF THE VOLTAGE LIMITER BASED ON STRUCTURE OF THE TYPE OF MULTILAYER VARISTORS - POSISTOR

A. Ivanchenko, S. Mazurik, A. Akhmerov
Oles Honchar Dnipro National University
IvanchenkoAV@ukr.net

The implementation of the voltage limiter based on the use of a parallel electrical connection of several low-voltage chip varistors, which are in thermal contact with each other and with posistor, is described in this work. The voltage equal to the limiting voltage 11-11.6 V drops across the multilayer varistors, and the rest of the voltage drops across on the posistor at an input voltage exceeding the specified value of the limiting voltage. The temperature of the structure is approximately equal to the tripping temperature of the posistor. A slight decrease in the limiting voltage and a significant decrease in the flowing current are observed with an increase in the input voltage. The tripping time to the limiting state is less than 30 s after applying an input voltage that exceeds the value of the limiting voltage of the voltage limiter. After disconnecting a voltage, the relaxation time is several hundred seconds. A decrease in the tripping time of the voltage limiter is observed with an increase in the applied voltage.

КІНЕТИКА СТРУМУ В КРИТИЧНИХ ТЕРМОРЕЗИСТОРАХ НА ОСНОВІ ДІОКСІДА ВАНАДІЮ

В. Колбунов, О. Івон, О. Вашерук
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kolbunov_vadim@i.ua

Критичні терморезистори (КТР), що поєднують властивості сенсора температури і термічного реле, створюються на основі оксидів металів з фазовим переходом метал-напівпровідник (ФПМН) [1]. Мета цієї роботи – дослідження часу затримки перемикання КТР на основі діоксіднованадієвої склокераміки під впливом на нього прямокутного імпульсу напруги.

Дослідження виконані на зразках склокераміки складу (ваг.%) $55VO_2$–$25SnO_2$–5Cu–15VPG (ванадієво-фосфатне скло). При збільшенні струму, аж до порогової напруги U_{Son}, зразок КТР показує поведінку, що характерна для звичайних напівпровідникових терморезисторів. Його опір зменшується з ростом напруги за рахунок розігріву струмом. У цьому інтервалі напруг і струмів все кристалітів VO_2 склокераміки знаходяться в напівпровідникової фазі, і її електропровідність має активаційний характер з енергією активації E_a~0,11 еВ. Ця область вольтамперної характеристики відповідає вимкненому стану (off-state) зразка КТР. При порогової напрузі U_{Son}, температура зразка досягає температури ФПМН T_t, при якій кристаліти VO_2 переходять в металеву фазу. У зразку між електродами утворюється шнур струму, який контролює вольтамперну характеристику при подальшому збільшенні струму [2]. В межах шнура струму кристаліти VO_2 знаходяться в провідній металевій фазі з низьким опором, а за його межами – в напівпровідникової фазі. Ця область вольтамперної характеристики відповідає увімкненому стану (on-state) КТР на основі VO_2.

Увімкнення зразка КТР відбувається через час затримки t_{don} після прикладення напруги U_0. Значення t_{don} можна знайти з часової залежності відносного падіння напруги на зразку U/U_0. Такі залежності показані на рис. 1.

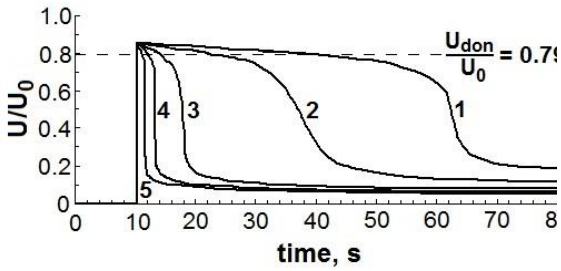


Рис. 1. Часові залежності відносного падіння напруги, що прикладена до зразка КТР при значеннях амплітуди імпульсу напруги U_0, В: 1 – 8, 2 – 10, 3 – 15, 4 – 20, 5 – 25

Для аналізу залежності часу затримки перемикання від амплітуди імпульсу U_o використовували модель "критичної температури", в рамках якої було отримано такий вираз:

$$\frac{t_d}{\tau_T} = \int_0^{\Delta T_t} \frac{d\Delta T}{\left(\frac{U_0}{U_S}\right)^2 \frac{R_T R_S \Delta T_t}{(R_{огр} + R_T)^2} - \Delta T},$$

де $R_{огр}$ – величина обмежуючого опору; R_T – опір терморезистора нижче температури T_t; U_S и I_S – напруга і струм в порогової точці вольтамперної характеристики терморезистора; $R_S=U_S/I_S$; $\Delta T_t=T_t–Q$; $\Delta T=T–Q$.

Протягом деякого часу після зняття перемикаючій напруги U_0 і подачі на зразок малої опорної напруги U_{rf} спостерігається спад струму. Така поведінка свідчить, що шнур струму з кристалітами VO_2 в металевій фазі зберігається протягом деякого часу після вимкнення перемикаючій напруги. Отже, має місце затримка вимкнення t_{doff} зразків

КТР, яка пов'язана з переходом зі стану з низьким опором (on-state) у стан з високим опором (off-state).

У даній роботі вивчена кінетика перемикання зразків КТР на основі VO_2 зі стану з високим опором (off-state) в стан з низьким опором (on-state) і навпаки. Встановлено, що затримка переходу з off-state в on-state, при прикладенні до зразка перемикаючої напруги U_0, пов'язана з часом його розігріву до температури фазового переходу метал-напівпровідник в VO_2. Час затримки такого переходу t_{don} зменшується з ростом U_0. Показано, що розрахункова залежність t_{don} від напруги U_0, яка отримана з використанням спрощеного рівняння теплового балансу зразка і моделі «критичної температури», знаходиться в хорошому відповідності до експериментальних даних. Встановлено, що затримку зворотного переходу з on-state в off-state контролює шнур струму, в межах якого кристаліти VO_2 склокераміки знаходяться в металевій фазі. Час затримки t_{doff} цього переходу визначається часом існування шнура струму після відключення напруги U_0 переключився зразок КТР в on-state. Величина затримки tdoff зростає при збільшенні U_0. Причиною такої поведінки є розширення шнура струму з ростом U_0. Як наслідок, збільшується кількість кристалітів VO_2 в металевій фазі. Тому t_{doff} зростає за рахунок збільшення часу необхідного для розсіювання теплоти, що виділяється при переході кристалітів VO_2 з металевої фази в напівпровідникову фазу.

[1] Ивон А.И., Колбунов В.Р., Черненко И.М. Защита блока питания компьютера от тока включения. Системні технології. Вип. 64, N° 5. (2009). С. 80 – 88.
[2] I. Ivon, V.R. Kolbunov, I.M. Chernenko, Voltage-current characteristics of vanadium dioxide based ceramics. J. Eur. Ceram. Soc. 23 (2003). P. 2113 – 2118.

CURRENT KINETICS IN CRITICAL THERMISTORS BASED ON VANADIUM DIOXIDE

V. Kolbunov, O. Ivon, O. Vasheruk
Oles Honchar Dnipro National University
kolbunov_vadim@i.ua

The kinetics of switching of thermistors on a basis of VO_2 glass-ceramics from a state with high resistance (off-state) to a state with low resistance (on-state) and vice versa was studied. The delay of the transition from off-state to on-state, when a switching voltage U_0 is applied to the thermistor, is related to the time t_{don} required to heat the thermistor to the metal-semiconductor phase transition temperature in VO_2. The delay time t_{don} decreases with the increase of U_0. It is shown that the calculated dependence of t_{don} on the voltage U_0, obtained with the simplified heat balance equation of the thermistor and the “critical temperature” model, is in good conformity with the experimental data. It was found that the delay of the reverse transition from the on-state to the off-state controls the conductive channel, within which the crystallites of the VO_2 glass-ceramic are in the metallic phase. The delay time t_{doff} of this transition determines the time during which, after turning off the voltage U_0, a conductive channel exists in the working body of the thermistor. The value of t_{doff} increases with the increase of U_0 .The reason for this behavior is the expansion of the conductive channel in the transverse direction with the increase of U_0. As a consequence, the number of crystallites of VO_2 in the metallic phase increases. Therefore, t_{doff} increases due to an increase in the time required for dissipation of the heat released during the transition of the VO_2 crystallites from the metallic phase to the semiconducting phase.

МОДИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОННИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОНКИХ ПЛІВОК β-Ga_2O_3 ШЛЯХОМ МЕХАНІЧНИХ ВПЛИВІВ

Р. Балабай, М. Науменко
Криворізький державний педагогічний університет
nikemar13@gmail.com, balabai@i.ua

На сьогодні значна увага приділяється епітаксіальному зростанню плівок сполуки β-Ga_2O_3 [1]. Епітаксіальний оксид галію є новим, ще не повністю вивченим і вельми перспективним широкозонним напівпровідником. Він має низку властивостей, завдяки яким складає значну конкуренцію таким матеріалам, як карбід кремнію і нітриди третьої групи. Перш за все, це його прозорість в ультрафіолетовій області спектра, оскільки ширина його забороненої зони дорівнює $E_g \approx 4.9$ eV. Ця речовина в кристалічному стані має високу напругу пробою (8 MV cm^{-1}). Оксид галію легко легувати, що дозволяє отримувати провідні шари даного матеріалу. β-Ga_2O_3 можна вирощувати у великій кількості та застосовувати у УФ фотоприймачах, фотокаталізаторах, газових датчиках, сонячних батареях, прозорих провідних фільтрах для електродів різних оптоелектронних пристроїв тощо.

Існує п'ять поліморфів Ga_2O_3 [2]: типу корунда (α), моноклінний (β), дефектний шпінель (γ), орторомбічний (ε) та δ-фаза, що, вважається орторомбічною. β-фаза (β-Ga_2O_3) є найбільш стійкою кристалічною структурою і була та є предметом більшості досліджень [3].

Двовимірний (2D) Ga_2O_3 може розширити застосування Ga_2O_3. Незважаючи на те, що нанопристрої на основі двовимірного (2D) Ga_2O_3 показали більш високу ефективність, ніж нанопристрої на основі β-Ga_2O_3, такі механізми зміни все ще не зрозумілі всебічно. Згідно з попередніми дослідженнями на характеристики приладів на основі Ga_2O_3 суттєво впливають механічний стан плівок Ga_2O_3. Пружне поле в пристрої виникає під час термічного процесу вирощування Ga_2O_3 та за рахунок невідповідності решіток з іншими матеріалами, що визначає термічну стійкість та транспортні властивості матеріалу. Таким чином, для подальшого розуміння характеристик і застосувань двовимірного Ga_2O_3, необхідно дослідити механічні впливи на електронні властивості масивного та 2D Ga_2O_3.

У нашій роботі теоретично досліджуються модифікації електронних властивостей надтонких плівок β-Ga_2O_3 з різними вільними поверхнями шляхом механічних впливів. Методами функціоналу електронної густини та псевдопотенціалу із перших принципів на авторському програмному коді отримуються просторові розподіли густини валентних електронів, густини електронних станів, ширини заборонених зон, заряди на атомних остовах та ділянках модельних плівок, кулонівські потенціали вздовж обраних напрямків.

Видно з рис. 1, що електронна заборонена енергетична зона в нескінченій плівці β-Ga_2O_3 товщиною 3.04 Å з вільними поверхнями типу (010) більша (6.8 eV) ніж у масивних зразках (4.9 eV). Стиснення плівки у напрямку [010] на 10% викликає зменшення величини забороненої зони до 6.3 eV.

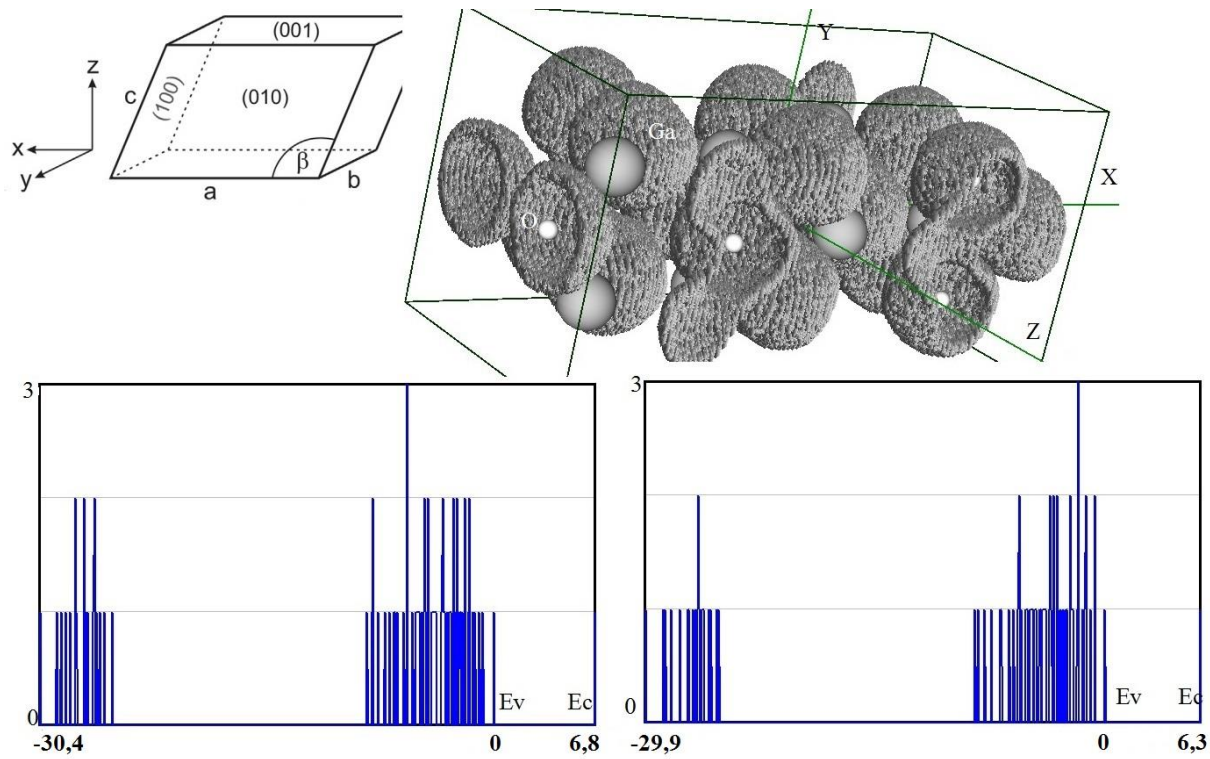


Рис. 1. Лабораторні та кристалографічні вісі, площини, що обмежують комірку; розподіл густини валентних електронів у межах комірки; енергетичні зони електронів: валентна, заборонена (електрон-вольти) в нескінченній плівці β-Ga_2O_3 товщиною 3.04 Å з поверхнями (010): зліва – нестиснутій, справа – стиснутій у напрямку [010] на 10%

[1] Feng Z., Bhuiyan A., Karim R., Zhao H. MOCVD homoepitaxy of Si-doped (010) β-Ga_2O_3 thin films with superior transport properties. Appl. Phys. Lett. Vol.114. (2019) 250601.
[2] Roy R., Hill V., Osburn E., J. Polymorphism of Ga_2O_3 and the System Ga_2O_3-H_2O Am. Chem. Soc. 74 (1952) P. 719.
[3] S. Stepanov, V. Nikolaev, et al, Rev. Adv. Mater. Sci. 44 (2016) P. 63–86.

MODIFICATION OF ELECTRONIC PROPERTIES OF β-Ga_2O_3 THIN FILMS BY MECHANICAL INFLUENCES

R. Balabai, M. Naumenko
Kryvyi Rih State Pedagogical University
nikemar13@gmail.com, balabai@i.ua

In our work, modifications of the electronic properties of ultrathin β-Ga_2O_3 films with different free surfaces by mechanical influeences are theoretically investigated. The spatial density distributions of valence electrons, density of electronic states, gap widths, charges on atomic framework and areas of model films, Coulomb potentials along selected directions are received on author's program code by methods of electron density functional and pseudopotential of the first principles.

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК $CsPbBr_3$

І. Козярський, Е. Майструк, Д. Козярський, Г. Андрущак, П. Мар'янчук

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

i.koziarskyi@chnu.edu.ua

Плівки $CsPbBr_3$ отримували, методом ВЧ-магнетронного розпилення попередньо синтезованого матеріалу $CsPbBr_3$.

Синтез $CsPbBr_3$ проводили в декілька етапів. Для отримання цієї потрійної сполуки використовували дві бінарні – CsBr і $PbBr_2$, які сплавляли у вакуумованій до тисків 10^{-5} мбар кварцовій ампулі. Для цього використовували ОСЧ CsBr, а $PbBr_2$ отримували наступним чином. Брали ОСЧ KBr і $Pb(NO_3)_2$ і розчиняли у бідестильованій воді (кожну сіль окремо). Після цього розчини змішували на магнітній мішалці. В результаті відбувалась наступна реакція заміщення:

$$2KBr + Pb(NO_3)_2 \rightarrow PbBr_2 \downarrow + 2KNO_3 \ . \quad (1)$$

Внаслідок цієї реакції отримувався осад якій і є сполукою $PbBr_2$. Ця сполука майже не розчинна у воді, що дозволило промити $PbBr_2$ декілька разів у бідестильованій воді за допомогою ультразвукової ванни. Отриманий порошок просушували спочатку на повітрі з підігрівом (температура підігріву не перевищувала 50ºС оскільки інакше починається гідроліз отриманої сполуки). Для повного висушування отриманий порошок завантажували у скляну ампулу і відкачували вакуумним насосом. Для запобігання фотолізу $PbBr_2$ ($PbBr_2 + h\nu \rightarrow Pb + Br_2\uparrow$) його перед використанням зберігали в темноті.

Синтезований матеріал подрібнювали у фарфоровій ступі до дрібнодисперсного стану. Перед цим ступу та пест промивали у ОСЧ азотній та плавиковій кислотах та дистильованій воді, після чого висушували. Отриманий порошок за допомогою гідравлічного пресу запресовували у алюмінієвий стакан. Стакан мав внутрішній діаметр значно більший ніж діаметр зони ерозії (зона розпилення) магнетрона для запобігання розпилення матеріалу стакана. Процес напилення проводили в атмосфері газу аргону в універсальній вакуумній установці УВН-70, яка для цього була обладнана магнетроном, робоча частота якого – 13,56 МГц. Для уникнення потрапляння сірки із вакуумного масла у напилювану плівку в якості високовакуумного насоса використовувався турбомолекулярний насос ТМН-500.

Для дослідження оптичних властивостей тонкі плівки оксиду кобальту наносили на скляні підкладки (в якості підкладок використовували покривне скло стандартних розмірів).

Процес отримання тонких плівок $CsPbBr_3$ відбувався при різних режимах напилення, тобто змінювалися: час напилення (t = 10, 30, 60 хв), температура підкладки ($T_{під}$ = 50, 200, 230, 320 ºС) та потужність магнетрону (P = 120, 150 Вт). Це дало можливість дослідити вплив тривалості напилення та температури підкладки на товщину отриманих плівок, на значення їх оптичних параметрів та на величину оптичної ширини забороненої зони. Температура підкладки контролювалась за допомогою ХА-термопари.

Дослідження оптичних коефіцієнтів проводили за допомогою спектрофотометра СФ2000 у спектральному діапазоні дослідження від 0,2 до 1,1 мкм. При визначенні оптичних коефіцієнтів використовували метод, що оснований на незалежному вимірюванні коефіцієнта відбивання та пропускання. Таким чином, для визначення коефіцієнта поглинання (α) необхідно було провести вимірювання коефіцієнтів

пропускання (T) і відбивання (R). Вимірювання коефіцієнта відбивання поводили за допомогою спектрометра СФ-2000 та приставки для вимірювання відбивання Pike для якої в якості джерела світла використовувалась галогенна лампа, що дозволило дослідити спектри відбивання в інтервалі довжин хвиль λ = 0,4 – 1,1 мкм).

При цьому коефіцієнт поглинання можна вираховувати за формулою:

$$\alpha = \frac{1}{d}\ln\left[\frac{(1-R)^2}{2T} + \sqrt{\frac{(1-R)^4}{4T^2} + R^2}\right]. \quad (2)$$

З формули (2) було визначено значення коефіцієнта поглинання (α) та побудовано залежності α=f(hν) для отриманих плівок. Ці залежності були перераховані у степенні залежності із яких встановили, що саме на залежностях α^2=f(hν) спостерігаються чіткі прямолінійні ділянки в області краю власного поглинання, що вказують на наявність прямих дозволених оптичних переходів. Оптичну ширину забороненої зони $E_g^{оп}$ досліджуваних плівок визначали шляхом екстраполяції лінійних ділянок залежностей $\alpha^2 = f(h\nu)$ до вісі енергій (табл. 1) .

Таблиця 1. Режими напилення та оптична ширина забороненої зони плівок $CsPbBr_3$

	Час напилення (t, хв)	Температура підкладки ($T_{під}$, °C)	Потужність магнетрона (P, Вт)	$E_g^{оп}$, еВ
$CsPbBr_3$	10	50	150	4,05
	30	200	120	4,6
	60	230	120	4,2
	60	320	120	3,95

Отримані значення оптичної ширини забороненої зони плівок $CsPbBr_3$ в залежності від режиму напилення були $E_g^{оп}$ = 3,95 – 4,6 еВ. Що вказує на те, що підвищення температури підкладки наближує склад плівок до стехіометричного.

OPTICAL PROPERTIES OF $CsPbBr_3$ FILMS

I. Koziarskyi, E. Maistruk, D. Koziarskyi, G. Andrushchak, P. Marianchuk

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

i.koziarskyi@chnu.edu.ua

$CsPbBr_3$ films were obtained by RF-magnetron sputtering of pre-synthesized material. To obtain this ternary compound used two binary – CsBr and $PbBr_2$, which were fused in a quartz ampoule evacuated to pressures of 10^{-5} mbar.

The spraying process was carried out in an argon gas atmosphere in a universal vacuum unit UVN-70 at various spraying modes (changed: spray time, substrate temperature and magnetron power).

The study of optical coefficients was performed using a SF-2000 spectrophotometer in the spectral range of the study from 0.2 to 1.1 μm. The optical band gap E_g^{op} of the studied films was determined by extrapolating the linear regions of the α^2 = f(hν) dependences to the energy axis. The obtained values were E_g^{op} = 3.95 – 4.6 eV for $CsPbBr_3$ obtained at various spraying modes.

КІНЕТИКА ФОТОІНДУКОВАНОГО ПОГЛИНАННЯ КРИСТАЛІВ $Bi_{12}SiO_{20}$:Al

Т. Панченко[1], Л. Карпова[2]
[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
[2]*Український державний хіміко-технологічний університет*
panchtv141@gmail.com

Кристали $Bi_{12}SiO_{20}$ (BSO) успішно використовують як активні робочі середовища у різних приладах функціональної електроніки. Завдяки сполученню фоторефрактивного та електрооптичного ефектів, а також високій світлочутливості на цих середовищах здійснюють запис, обробку та зберігання оптичної інформації у реальному часі. Запис супроводжується появою фотоіндукованого оптичного поглинання, відомого як фотохромний ефект (ФХЕ). ФХЕ відповідає за формування довготривалих голографічних решіток, які можуть взаємодіяти зі швидкісними решітками, що створюються за рахунок фоторефрактивного ефекту. Це відкриває можливість використання такої взаємодії для створення в голографії приладів із новими функціональними можливостями.

Відомо, що легування кристалів BSO домішками Al значно впливає на оптичні властивості та ФХЕ кристалів $Bi_{12}SiO_{20}$:Al (BSO:Al), але особливості формування та релаксації ФХЕ мало вивчені [1]. Нами експериментально досліджена кінетика фотоіндукованого поглинання кристалів BSO:Al у широкому спектральному діапазоні.

Досліджували спектри стаціонарного $\alpha_0(h\nu)$ і фотоіндукованого поглинання $\alpha^{ph}(h\nu,t_i)$, часові залежності формування і релаксації ФХЕ $\alpha^r(h\nu, t_2)$ і $\alpha^r(t)$, а також спектри, що визначають зміну оптичного поглинання в результаті: а) зміни вмісту домішки Al: $\Delta\alpha_0(h\nu) = \Delta\alpha_{02}(h\nu) - \Delta\alpha_{01}(h\nu)$, де індекси 01 та 02 відповідають 0.012 і 0.046 мас. % Al; б) збудження ФХЕ: $\Delta\alpha^{ph}(h\nu, t_i) = \alpha^{ph}(h\nu, t_i) - \alpha_0(h\nu)$ і $\Delta\alpha^{ph*}(h\nu, t_i) = \alpha^{ph}_{max}(h\nu) - \alpha^{ph}(h\nu, t_i)$, де $\alpha^{ph}_{max}(h\nu)$ – спектральний розподіл максимального ; фотоіндукованого поглинання, в) релаксації ФХЕ: $\Delta\alpha^r(h\nu, t_2) = \alpha^{ph}_{max}(h\nu) - \alpha^r(h\nu, t_2)$, де $h\nu$ – енергія квантів світла, t, t_1, t_2- поточний час і часи формування і релаксації ФХЕ, відповідно. Одержано кінетичні залежності ФХЕ: $\Delta\alpha^{ph}(t_i) = \alpha^{ph}(t_i) - \alpha_0$, $\Delta\alpha^{ph*}(t_i) = \alpha^{ph*}_{max} - \alpha^{ph}(t_i)$ і $\Delta\alpha^r(t_2) = \alpha^{ph}_{max} - \alpha^r(t_2)$ для фіксованих значень енергії квантів світла $h\nu$, що відповідають різним смугам поглинання у спектрах ФХЕ

Встановлено, що спектри $\alpha_0(h\nu)$ кристалів BSO:Al слабко структуровані, на відміну від BSO, не мають відомого “плеча оптичного поглинання”. Збільшення вмісту Al веде до подальшого зменшення стаціонарного поглинання в усій дослідженій спектральній області. Варіювання вмісту Al дозволило виділити в спектрах $\Delta\alpha_0(h\nu) = \Delta\alpha_{01}(h\nu) - \Delta\alpha_{02}(h\nu)$ дві групи смуг (A і B) в діапазонах $\Delta h\nu$ = 0.3 – 1.5 і 2.3 – 3.3 eV.

Спектри ФХЕ $\Delta\alpha^{ph}(h\nu,t_i)$ кристалів BSO:Al мають складну структуру, яка свідчить про наявність кількох типів фотохромних центрів. Вигляд спектрів суттєво залежить від вмісту Al, зростання якого спричинює послаблення ФХЕ та трансформацію спектрів $\Delta\alpha^{ph}(h\nu, t_i)$ з підсиленням внеску компонент, коли найбільш інтенсивні смуги (C і D) розташовані в областях із $h\nu_{max}$ = 0.78 і 3.12 eV, відповідно. Кінетика ФХЕ у кристалах BSO:Al, представлена як часові залежності $\Delta\alpha^{ph}(t_i)$, $\Delta\alpha^{ph*}(t_i)$, є різною для різних смуг спектру (рис. 1). Яскравою особливістю кінетики є нестійкість фотоіндукованого поглинання. Вона проявляє себе у вигляді осцилюючих залежностей інтенсивності поглинання на початкових етапах формування ФХЕ (рис.1). Глибина осциляцій і тривалість їх загасання залежить від вмісту Al, енергії квантів світла фотоактивації та спектрального положення смуг фотоіндукованого поглинання. Особливістю релаксації ФХЕ є немонотонність залежностей, які визначають руйнування фотохромних центрів, а також їх самовільне відновлення після руйнування.

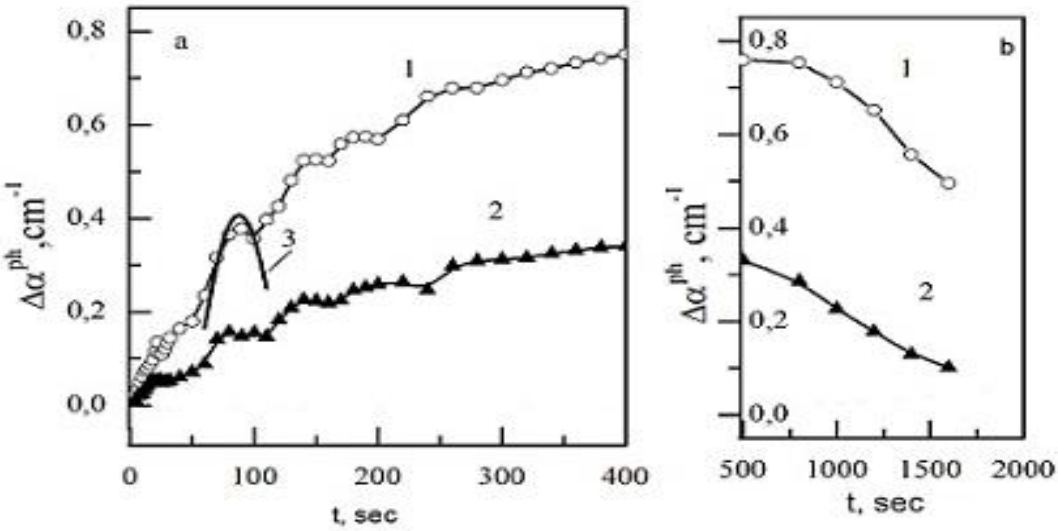


Рис. 1. Кинетичні залежності ФХЕ $\Delta\alpha^{ph}$ (t^*, $h\nu_{max,i}$) (a, b) у смугах поглинання із $h\nu_{max1}$ = 0.78 eV (a, 1; b, 2) і $h\nu_{max2}$ = 3,12 eV (a, 2). Апроксимація проходження через максимум залежності $\Delta\alpha^{ph}$ (t^*) у смузі з $h\nu_{max1}$ = 0. 78 eV (a, 3).

Такі особливості кінетики формування та релаксації ФХЕ пояснюємо конкуренцією процесів накопичення та руйнування фотохромних центрів в вигляді комплексів $[Al_{Si}O_4]^0$. Вони можуть бути апроксимовані наступним чином. Фотоіндуковане поглинання $\Delta\alpha^{ph}$ (t) ~ σN, де N_2 - концентрація центрів $[Al_{Si}O_4]^0$ ($N_2 = N_{01} - N_1$, N_{01}, N_1 - початкова і поточна концентрація центрів, σ - переріз уловлення електронів. Маємо:

$$N_2(t) = N_{01}[1-(\frac{\gamma_1}{\gamma_2+\tau^{-1}}\cdot\exp(\frac{t}{\tau})+C\exp(-pt))], \quad (1)$$

де C і p – постійні величини, різні для різних смуг поглинання у спектрах ФХЕ. На прикладі одного з коливань при $\sigma = 5.5\cdot10^{-18}$ cm^2, $N_{01} = 1.8\cdot10^{17}$ cm^{-3}, τ = 150 sec, γ_1 = 0,57 sec^{-1}, γ_2 = 0,123 sec^{-1}, C = $9\cdot10^{-3}$, p = $3\cdot10^{-3}$ sec^{-1}, показано кореляцію із експериментом (рис.1, а, крива 3).

[1] Panchenko T.V., Dyachenko A.O. Excitation and erasure of photochromic effect in the $Bi_{12}SiO_{20}$ crystals doped with Al, Ga and Sn. Ukr. J. Phys. Opt. Vol. 16. (2015). P. 127-133.

KINETICS OF PHOTOINDUCED ABSORPTION OF $Bi_{12}SiO_{20}$:Al CRYSTALS

T. Panchenko[1], L. Karpova[2]
[1]*Oles Honchar Dnipro National University*
[2]*Ukrainian State University of Chemical Technology*
panchtv141@gmail.com

The results of an experimental study of the kinetics of the formation and relaxation of the photochromic effect in $Bi_{12}SiO_{20}$:Al crystals are presented. Oscillating and nonmonotonic kinetic dependences of photoinduced optical absorption were observed. Oscillations of absorption are associated with the competition between the processes of formation and destruction of photochromic centers $[Al_{Si}O_4]^0$.

РОЛЬ ВАКАНСІЇ КИСНЮ В МЕХАНІЗМІ ПЕРЕМИКАННЯ У РЕЗИСТИВНІЙ ПАМ'ЯТІ НА ОСНОВІ ZnO (РОЗРАХУНКИ З ПЕРШИХ ПРИНЦИПІВ)

Д. Залевський
Криворізький державний педагогічний університет
denys.zalevski@gmail.com

Останнім часом пам'ять з резистивним перемиканням або резистивна пам'ять з довільним доступом (RRAM) стала одним з найбільш конкурентоспроможних кандидатів на роль енергонезалежної пам'яті наступного покоління. Цей тип пам'яті вважається одним з найбільш перспективних кандидатів у нове покоління запам'ятовуючих пристроїв, який може замінити флеш-пам'ять через низку переваг, таких як висока витривалість при перезаписі, висока швидкість роботи та розширені можливості для масштабованості [1].

Структура резистивної оперативної пам'яті повинна складатися з двох протилежних електродів та запам'ятовуючого матеріалу. Оксиди металів є цікавими для використання в якості матеріалів для зберігання завдяки широкому діапазону електричних властивостей. Серед численних оксидів металів ZnO має такі вигідні властивості, як низька вартість, широка і пряма заборонена зона ~ 3,3 еВ, низька температура синтезу, керована електрична поведінка, хімічна стабільність, електрохімічна активність, біосумісність та екологічність. ZnO можна вирощувати з широким розмаїттям морфологій, які можуть відкрити можливість виготовлення різних одновимірних структур RRAM [2].

Комп'ютерні дані зчитуються у вигляді двійкового коду "1" та "0." Відповідно, дані, що зберігаються в резистивних пристроях пам'яті, диференціюються за станом опору, так званим «станом низького опору (LRS)» або «ON» і «станом високого опору (HRS)» або «OFF». Ці стани можна перемикати зворотно, використовуючи електричний сигнал.

Загальновизнаним є те, що процес SET / RESET в ZnO RRAM без електрохімічно активних електродів тісно пов'язаний з утворенням / розривом провідних ниток (CF), що складаються з вакансій оксигену. Проте переконливих кількісних показників все ще недостатньо щоб продемонструвати значну роль вакансії оксигену в перемиканні в оксиді металу RRAM, що призводить до труднощів в розробці та застосуванні RRAM.

Процеси SET та RESET спричинені утворенням/розривом CF, тобто генерацією/рекомбінацією вакансій оксигену. При прикладанні напруги до діелектричного матеріалу ZnO іони оксигену можна витягнути зі своїх рівноважних положень, що призводить до генерації вакансій оксигену [3].

У ниткоподібній моделі заданий струм в основному протікає через CF. Розмір нитки значно менший, ніж площа електрода, що призводить до локалізованого ефекту провідності; таким чином, LRS не залежить від розміру електрода. Окрім нитчастої моделі, в механізмі перемикання комірки VCM була запропонована однорідна модель інтерфейсного типу. В однорідній моделі інтерфейсного типу одночасно встановлюють і скидають струм по всій площі електрода; таким чином, LRS і HRS пропорційні площі електрода. Провідність визначається індукованою полем зміною висоти бар'єру Шотткі на межі розділу електрод/накопичувальний матеріал.

Ниткоподібне перемикання може трансформуватися в однорідне перемикання, модулюючи параметри вимірювання. Трансформація призводить до утворення дефектів

оксигену в області біля електрода. Цю область також можна модулювати просто застосовуючи різну напругу або скидання напруги. Отже, спостерігалася багаторівнева характеристика. Багаторівневі характеристики, що мають більше двох станів опору, можуть бути ефективним способом збільшення щільності зберігання, крім масштабування розміру пристрою. Однорідне перемикання, яке залежить від площі пристрою, гарантує достатній струм для підтримання надійної роботи, тоді як ниткоподібні можуть страждати від нестабільності перемикання в зменшеному пристрої. Тим не менш, нитчасті волокна демонструють чудову затримку завдяки вирівняному провідниковому каналу, оскільки при однорідному перемиканні вакансії оксигену від межі розділу, як правило, дифундують назад до основної маси, що призводить до поганих характеристик утримання.

Вважається, що вакансія кисню контролює механізм перемикання резистивної комутаційної пам'яті з робочим шаром оксиду металу. Однак точна і кількісна теорія, що підтверджує цю точку зору, відсутня. У роботі пропонується розрахунок методами теорії функціоналу електронної густини і псевдопотенціалу із перших принципів характеристик електронної підсистеми робочого шару RRAM, що побудований на основі ZnO з вакансіями кисню. Розраховано просторові розподіли густини валентних електронів та їх перерізи в межах комірки, розподіл густини електронних станів, електричні заряди в області вакансій. Досліджено, як зміни в електронній підсистемі об’єктів впливають на зміну їх властивостей від непровідних до провідних, що дає можливість отримати уявлення про механізм перемикання.

[1] R. M. Balabai & D. V. Zalevskyi (2020) Properties of materials for resistive RAM based on HfO2 (first principles calculations), Molecular Crystals and Liquid Crystals, 700:1, 95-106.
[2] Huang Y, Shen Z, Wu Y, Wang X, Zhang S, Shi X, Zeng H (2016) Amorphous ZnO based resistive random access memory. RSC Adv 6:17867–17872.
[3] Simanjuntak FM, Prasad OK, Panda D, Lin C-A, Tsai T-L, Wei K-H, Tseng T-Y (2016) Impacts of Co doping on ZnO transparent switching memory device characteristics. Appl Phys Lett 108:183506.

THE ROLE OF OXYGEN VACANCY IN THE SWITCHING MECHANISM IN ZnO-BASED RESISTIVE MEMORY (FIRST PRINCIPLES CALCULATIONS)

D. Zalevskyi
Kryvyi Rih State Pedagogical University
denys.zalevski@gmail.com

It is believed that the oxygen vacancy controls the mechanism of switching resistive switching memory with the working layer of metal oxide. However, there is no accurate and quantitative theory to support this view. In this paper we propose the calculation by the methods of the theory of the electron density functional and the pseudopotential from the first principles of the characteristics of the electronic subsystem of the working layer RRAM, which is built on the basis of ZnO with oxygen vacancies. Spatial distributions of valence electron density and their cross sections within the cell, density distribution of electronic states, electric charges in the vacancy region are calculated. It is investigated how changes in the electronic subsystem of objects affect the change of their properties from non-conductive to conductive, which gives an idea of the switching mechanism.

ВПЛИВ ШАРУ NaCl НА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ДІОДІВ ШОТТКІ ГРАФІТ/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$

Г. Пархоменко, М. Солован, П. Мар'янчук
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
h.parkhomenko@chnu.edu.ua

Телурид кадмію (CdTe) та тверді розчини на його основі, зокрема $Cd_{1-x}Zn_xTe$ широко використовується для виготовлення фотоприймачів, сонячних елементів та детекторів *X*- та *γ*- випромінювання, що працюють при кімнатній температурі і широко практично використовується у медицині, промисловості, космосі та інших областях [1]. Високий атомний номер компонентів сполуки телуриду кадмію забезпечує високу квантову ефективність детекторів, які працюють в діапазоні 30-500 кеВ і вище. Велика ширина забороненої зони дозволяє експлуатувати ці детектори при кімнатних температурах без додаткового охолодження [2]. Досягнуто значного прогресу в технології отримання високоякісних напівізолюючих кристалів CdTe з великим терміном служби і високими значеннями рухливості електронів і дірок та їх часу життя. Однак при зберіганні на повітрі напівпровідникові підкладки окислюються і на їх поверхні утворюються тонкі плівки, як правило, з діелектричними властивостями. Також під час технологічного процесу при створення електронних приладів можуть залишатися на границі розділу двох матеріалів ці плівки з діелектричними властивостями, які будуть змінювати електричні властивості виготовлених приладів [3].

Відповідно до методу «олівець-на-напівпровіднику» спочатку з монокристалу NaCl сколювали підкладки розміром 15 × 15 × 2 мм. Одну з поверхонь свіжосколотої монокристалічної соляної підкладки NaCl шліфували механічно за допомогою суміші алмазного порошку з спиртом, з метою створення шорсткої поверхні для нанесення графітової плівки.

За допомогою чистого графітового стержня діаметром 1 мм на підготовленій поверхні соляної підкладки, при постійній притискній силі рисували однорідну графітову плівку. Після цього зразок обережно ставиться на поверхню дистильованої води так, щоб графітова плівка була зверху. За певний проміжок часу соляна підкладка повністю розчинялася і на поверхні води плавала графітова плівка. Плаваючу плівку графіту переносили на підкладки скла та кварцу (типорозміром 10x10x0.5 мм) мм для дослідження оптичних властивостей, ситалу (типорозміром 10x10x0.5 мм) для дослідження електричниих властивостей та CdZnTe (типорозміром 5x5x0.3 мм) для створення діодів Шотткі. Після перенесення на підкладку плівка обов`язково висушується у потоці гарячого повітря 80 °C, щоб видалити залишки води. Як наслідок, формується якісний оптичний контакт між графітовою плівкою та поверхнею напівпровідника за рахунок Ван дер Ваальської взаємодії.

Отримані плівки графіту володіли n-типом провідності (визначали за допомогою термозонда), а їх середня товщина становила 150 нм (виміряна за допомогою мікроінтерферометра МІІ-4), вони володіли оптичним коефіцієнтом пропускання 26,6% при 550 нм (вимірювали за допомогою спектрофотометра СФ-2000). Поверхневий опір отриманих тонких плівок графіту становив 350 Ом/□ квадрат при 300 К (вимірювали за допомогою чотири-зондового методу).

Вольт-амперні характеристики досліджуваних гетероструктур вимірювали за стандартною методикою з використанням точного фемто/піко амперметра Keysight B2985A з вбудованим джерелом (± 1000 В), а в якості вольтметра використовували Agilent 34410A.

Визначена висота потенціального бар'єру для зразків Графіт/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ та Графіт/NaCl/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ (при кімнатній температурі), яка рівна 0,63 еВ та 1,12 еВ, відповідно. Встановлено, що більше значення висоти потенціального бар'єру для зразка Графіт/NaCl/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ досягнуто за рахунок використання шару діелектрика NaCl.

З аналізу ВАХ встановлено, що домінуючі механізми струмопереносу через діоди Шотткі графіт/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ та графіт/NaCl/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ добре описуються в рамках генераційно – рекомбінаційної та тунельної моделей за участю поверхневих станів (для прямих і зворотних зміщень відповідно).

Встановлено, що виготовлені структури типу МДН Графіт/NaCl/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$, які володіють величиною вбудованого потенціалу φ_0 = 1,12 В при температурі 295 К дають можливість використовувати досліджувану МДН структуру при виготовленні високоякісних приладів електроніки, які можуть ефективно працювати при підвищених температурах і високих навантаженнях.

[1] Physics and Chemistry of II–VI Compounds, Ed. By M. Aven and J. S. Prener (North-Holland, Amsterdam,1967).
[2] К. Чопра, С. Дас, Тонкопленочные солнечные елементы.(Москва:Мир, 1986. 440 с.).
[3] S.M.Sze, K.Kwok Physics of semiconductor devices 3rd ed. (New Jersey: Wiley, 2007. p. 815.)

INFLUENCE OF THE NaCl DIELECTRIC LAYER ON THE ELECTRICAL PROPERTIES OF GRAPHITE/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ SCHOTTKY DIODES

H. Parkhomenko, M. Solovan, P. Maryanchuk
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
h.parkhomenko@chnu.edu.ua

This paper reports the results of an investigation of electrical propertiesof Schottky diodes graphite/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ prepared by the transfer of dry drawn graphite films on$Cd_{1-x}Zn_xTe$ substrates. The $Cd_{1-x}Zn_xTe$ solid solution with low Zn content was grownby the Bridgman method at low cadmium vapor pressureand had a low resistivity $\rho \approx 10^2$ Ohm cm. The value of the series R_s and R_{sh}shunt resistance ofgraphite/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ and graphite/NaCl/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ Schottki diodes determined from the dependence of their differential resistance $R_{dif.}$The height of the potential barrier of graphite/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ and graphite/NaCl/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ Schottki diodeswas determined by theextrapolation of the linear segments of the *I–V* characteristics atroom temperature toward the interception with the voltageaxis and equal equal 0,63 eV and 1,12 eV, respectively.The largest value of the height of the potential barrier for the sample graphite/NaCl/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ achieved by the presence of the dielectric layer NaCl. The dominant mechanisms of charge transportthrough Schottky diodes graphite/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ and graphite/NaCl/n-$Cd_{1-x}Zn_xTe$are described in the scope of generation - recombination and tunnel models (for forward and reverse bias, respectively).

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ВАРИСТОРНОЇ КЕРАМІКИ

В. Макаров, О. Ляшков, М. Собко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
mvo13@ukr.net

Полімерні композити широко використовуються для створення позисторів і самовідновлювальних запобіжників завдяки позитивному температурному коефіцієнту опору (ТКО). В якості наповнювача застосовуються порошки графіту, карбіду кремнію, монокристалічного кремнію та різних оксидів металів [1-2].

У даній роботі наведені результати синтезу і дослідження електричних властивостей композитів, що представляють собою систему частинок кераміки на основі оксиду цинку в поліетиленовій матриці. Було виготовлено зразки композитів поліетилен-порошок подрібненої цинк-оксидної варисторної кераміки, процентний вміст якого варіювався в межах від 14% до 84% об’ємної долі.

При виготовленні зразків застосовувались наступні технологічні операції: механічне подрібнення кераміки; просіювання порошку через сита з розмірами частинок не більше 40 мкм; змішування порошкоподібної кераміки з поліетиленом при температурі переходу останнього в в'язкотекучий стан; пресування шихти під тиском 100 МПа у вигляді дисків товщиною ~ 1 мм; прогрівання зразків разом з електродами при температурі плавлення кристалітів поліетилену (~ 130°C) і тиску 0,1 МПа протягом 30 хвилин.

На рис. 1 зображені вольт-амперні характеристики (ВАХ) зразка композиту поліетилен-варисторна кераміка з різним вмістом наповнювача. Як видно, всі ВАХ нелінійні і зі зменшенням кількості наповнювача зміщуються в бік більших напруженостей електричного поля. Коефіцієнт нелінійності ВАХ складав 4-7.

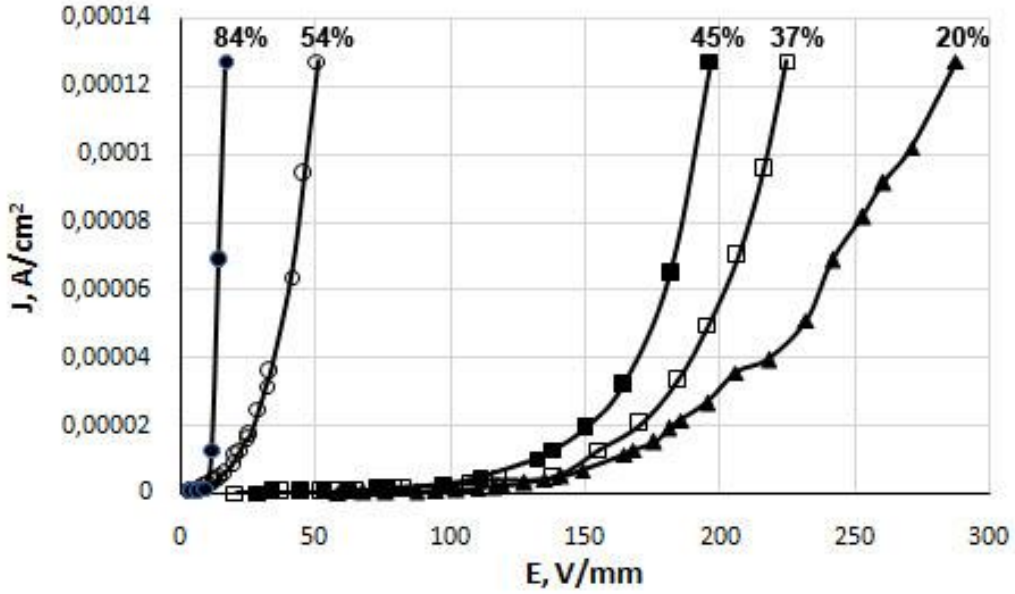


Рис. 1. Вольт-амперні характеристики зразків композиту поліетилен-варисторна кераміка з різним вмістом наповнювача (об. %).

На основі ВАХ композитів поліетилен-варисторна кераміка, були побудовані залежності електропровідності зразків в лінійної області ВАХ (рис 2). Залежність має нелінійне зростання при збільшенні кількості наповнювача.

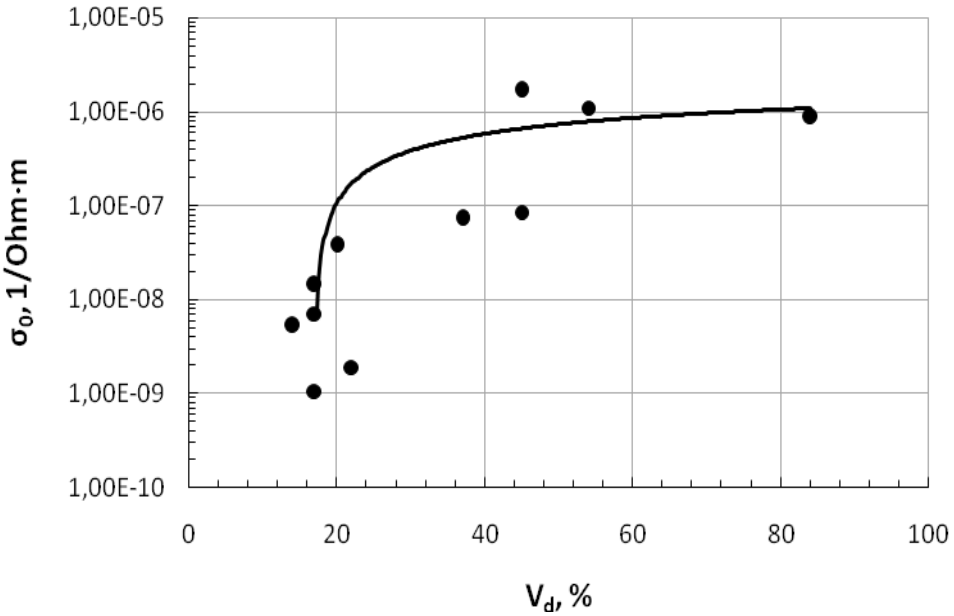


Рис. 2. Залежність провідності зразків композиту поліетилен-варисторна кераміка від вмісту наповнювача при низької напруженості електричного поля.

Наведені результати відповідають загальним уявленням про механізм електропровідності композитів, при збільшенні кількості наповнювача зменшується середній проміжок між частками кераміки, що розділені прошарком полімеру.

Перевагою композитів є позитивний ТКО, що запобігає пробою і деградації таких елементів захисту електричних кіл.

[1] Шевченко В.Г. Основы физики полимерных композиционных материалов. Москва: МГУ. (2010). 99 с.
[2] Lyashkov A.Yu., Tonkoshkur A.S. Varistor composites with a positive temperature coefficient of resistance. Technical Physics, Vol. 56(3), (2011). p. 427-428.

ELECTRICAL PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITES BASED ON VARISTOR CERAMICS

V. Makarov, A. Lyashkov, M. Sobko
Oles Honchar Dnipro National University
mvo13@ukr.net

Varistor polymer composites with a nonlinear current-voltage characteristics with a nonlinearity coefficient of 4-7 have been synthesized. The composite has prospects of application as an protectio element of electrical circuits, combining the properties of varistors and self-healing fuses. The varistor polymer composites have positive temperature coefficient of resistance, which will prevent the breakdown and degradation of such elements.

СТРУМИ ОБМЕЖЕНІ ПРОСТОРОВИМ ЗАРЯДОМ У ГЕТЕРОСТРУКТУРАХ ZnO:Al/*n*-CdS/*p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$

Е. Майструк, І. Орлецький, М. Ілащук, П. Мар'янчук
Чернівецький національний університет
i.orletskyi@chnu.edu.ua

Складні гетероструктури TCO/*n*-CdS/*p*-CdTe (TCO – прозорий провідний оксид) є одними з найбільш перспективних для застосування в області фотоелектричного перетворення сонячної енергії. Особливістю гетеропереходу CdS/CdTe є утворення в області інтерфейсу твердого розчину $CdTe_{1-x}S_x$, що приводить до зменшення негативного впливу енергетичних станів на межі розділу матеріалів. При цьому, якщо опір $CdTe_{1-x}S_x$ досить високий, що зумовлено наявністю компенсуючої домішки, яка створює глибокі рівні в його забороненій зоні, то це може істотним чином впливати на ефективність роботи вказаних структур TCO/*n*-CdS/*p*-CdTe. Вивчення впливу високоомного прошарку $CdTe_{1-x}S_x$ на електричні властивості гетероструктур ZnO:Al/ *n*-CdS/*p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ було метою даної роботи. Тверді розчини *p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ з невеликим значенням x ($x \approx 0{,}1$) використовували, як базовий матеріал з покращеною структурною досконалістю порівняно з CdTe, внаслідок введення атомів цинку.

Кристали *p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ були вирощені вертикальним методом Бріджмена за невеликого тиску парів кадмію в ампулі. При $T = 294$К їх кінетичні параметри становили: $\sigma = 3{,}0 \cdot 10^{-3}$ Ом$^{-1}$·см$^{-1}$, $p = 3.5 \cdot 10^{14}$ см$^{-3}$, $\mu_H = 56.0$ см^2·В$^{-1}$·с$^{-1}$. Анізотипні гетеропереходи ZnO:Al/*n*-CdS/*p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ виготовляли послідовним напиленням тонких плівок CdS (товщиною ~ 0,1 мкм) та ZnO:Al (товщиною ~ 0,1 – 0,15 мкм) на поверхню пластин *p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ методом високочастотного магнетронного розпилення мішеней сульфіду кадмію та легованого алюмінієм оксиду цинку в атмосфері аргону.

При дослідженні ВАХ гетеропереходів ZnO:Al/*n*-CdS/*p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ в температурному діапазоні T = 294 – 338 К виявлено їх діодні властивості. Коефіцієнт випрямлення струму при T = 294 К становив ~ $2 \cdot 10^2$ ($|V|$ = 1.5 V). Особливістю ВАХ досліджуваних структур, виміряних при додатних напругах, була відсутність їх залежності від температури. Встановлено, що лінеаризація залежностей $I = f(V)$ спостерігається у координатах $lnI = f(lnV)$, що вказує на степеневу залежність $I \sim V^m$, яка характерна для струмів, обмежених просторовим зарядом (СОПЗ). Такі струми, як правило, виникають у високоомних напівпровідниках та діелектриках при інжекції основних носіїв заряду. У гетеропереходах ZnO:Al/*n*-CdS/*p*-CdZnTe наявність високоомного прошарку зумовлена формуванням твердого розчину CdS_xTe_{1-x}, в якому компенсуючими донорами є вакансії сірки. Аналіз енергетичної діаграми гетероструктури, побудованої на основі моделі Андерсона, вказує на те, що бар'єр розміщений в *p*-CdZnTe, а прямий струм формується електронами зони провідності CdS. Характерним для прямих ВАХ є наявність трьох лінійних ділянок з різним показником степеня m, які інтерпретуються згідно теорії СОПЗ. В області низьких $V \leq 1{,}2$ В та високих напруг $V > 2{,}5$ В $m = 2$, що відповідає наявності у напівпровіднику мілких моноенергетичних пасток, які захоплюють з зони провідності інжектовані електрони (пастковий квадратичний закон) та переходу до без пасткового квадратичного закону, відповідно. Концентрація таких пасток $N_t = 1.3 \cdot 10^{16}$ см$^{-3}$ та глибина залягання їх енергетичних рівнів у забороненій зоні напівпровідника $E_t = 0{,}13$ еВ були визначені з температурної залежності коефіцієнта Ламперта θ, розрахованого, як відношення величин струмів для безпасткового та пасткового випадків при $lnV = 0$. Найбільш

імовірно допустити, що знайдені пастки, зумовлені міжвузловими атомами сірки, які у твердому розчині $CdTe_{1-x}S_x$ створюють акцепторні рівні, розміщені нижче дна зони провідності і можуть захоплювати інжектовані електрони. Розрахована товщина напівпровідника, в якій розміщені виявлені мілкі пастки, становить ~ 0,3 мкм, що може відповідати відстані, на яку відбувається дифузія атомів сірки у приповерхневий шар *p*-CdZnTe.

В області напруг $1,2 < V < 2,5$ В значення *m* збільшується і стає рівним 4,3, що свідчить про наявність у напівпровіднику глибоких пасток з неперервним експоненційним розподілом за енергіями. Наявність такого типу дефектів властива для матеріалів зі значним структурним розупорядкуванням кристалічної гратки, що характерно для приповерхневого шару базового матеріалу *p*-CdZnTe внаслідок опромінення високоенергетичними атомами компонент плівки CdS в процесі формування структури. Проведений в рамках теорії регіональних наближень аналіз ВАХ СОПЗ показав, що найкраще співпадання з експериментом можна отримати при $N_t \approx 10^{15}$ см$^{-3}$ та товщині структурно порушеного шару $L \approx 2,0$ мкм. В даному випадку, функція експоненційного розподілу пасток за енергіями визначається величиною kT_t, де T_t – температурний параметр, що характеризує розподіл рівнів прилипання. Оскільки встановлено, що kT_t в температурному інтервалі досліджень є величиною постійною $kT_t \approx 0,085$ еВ, можна вважати, що розподіл пасток за енергіями (який у даному випадку визначає ВАХ) при підвищенні температури не змінюється. Це і зумовлює незалежність ВАХ досліджуваних гетероструктур ZnO:Al/*n*-CdS/*p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ від температури, що спостерігається експериментально.

Наявність високоомного прошарку в досліджуваних гетероструктурах ZnO:Al/CdS/*p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ підтверджується проявом СОПЗ при зворотних напругах $1,4 < V < 3$В. Електронний струм, що витікає зі збідненої області *p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ обмежується від'ємним просторовим зарядом, який може виникати за наявності високоомного прошарку у приповерхневому шарі *p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ внаслідок утворення інверсного шару, зумовленого значним вигином зон при зворотних зміщеннях.

Отже, механізм протікання струму у гетероструктурах ZnO:Al/CdS/*p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$, отриманих методом високочастотного магнетронного розпилення, в області, як прямих, так і зворотних зміщень, визначається наявністю високоомного прошарку CdS_xTe_{1-x}, який формується в процесі їх виготовлення.

SPACE CHARGE LIMITED CURRENTS IN HETEROSTRUCTURES ZnO:Al/ *n*-CdS/*p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$

E. Maistruk, I. Orletskyi, M.Ilashchuk, P. Marianchuk,
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
i.orletskyi@chnu.edu.ua

Rectifying ZnO:Al/*n*-CdS/*p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ heterostructures were fabricated on the surface of crystalline p-Cd1-xZnxTe using the high-frequency magnetron sputtering method using the ZnO: Al and CdS targets. The *I – V* characteristics of structures in the region of positive voltages agrees well with the theory of space charge limited currents (SCLC), the occurrence of which is due to the formation in the near-surface region of *p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ substrates of solid solution CdS_xTe_{1-x} with high resistance. The presence of small monoenergetic ($N_t = 1,3\cdot10^{16}$ cm^{-3}, $E_t = 0,13$ eV) and deep, with exponential energy distribution ($N_t \approx 10^{15}$ см$^{-3}$) traps in the near-surface *p*-$Cd_{1-x}Zn_xTe$ layer was established. capture electrons injected from the conduction band of CdS.

ВПЛИВ ДОМІШКИ Cr_2O_3 НА ЕЛЕКТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ВАРИСТОРІВ НА ОСНОВІ SnO_2

М. Швець, О. Гапонов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
justhukuta@gmail.com

До приладів функціональної мікроелектроніки відносяться керамічні оксидно-олов'яні варистори, які використовуються для захисту радіоелектронного обладнання від перенапруги. Високоякісні варистори повинні мати сильно нелінійні вольт-амперні характеристики (ВАХ) з великим значення коефіцієнта нелінійності β і мінімальним значенням струму витоку (електропровідності в слабкому полі σ). Для низьковольтних варисторів характерне мале значення класифікаційної напруженості електричного поля E_1. Для одержання варисторів з необхідними електричними властивостями до складу кераміки додають спеціальні домішки [1-3]. В представленій роботі для збільшення нелінійності ВАХ зразків використана домішка оксиду хрому Cr_2O_3.

Досліджувана кераміка (99,1-x) SnO_2 - 0,3 Bi_2O_3 - 0,5 Co_3O_4 - 0,1 Nb_2O_5 - x Cr_2O_3, де x = 0; 0,05 і 0,1 мол. %, була спечена при 1320ºС (3 год.). На кожному зразку створено по 3 срібних електрода (відпал при 800ºС), зареєстровані ВАХ керамічних варисторів, розраховані електричні параметри всіх зразків та обчислені похибки вимірювань.

При додаванні до складу кераміки оксиду хрому істотно збільшується нелінійність ВАХ (рис. 1). Навіть досить малої концентрації Cr_2O_3 0,05 мол. % достатньо для суттєвого збільшення значення коефіцієнта нелінійності β (табл. 1). При подальшому підвищенні вмісту Cr_2O_3 у складі кераміки значення β ще збільшуються. Очевидно, домішка Cr_2O_3 сприяє утворенню більш високих потенціальних бар'єрів на межах зерен SnO_2.

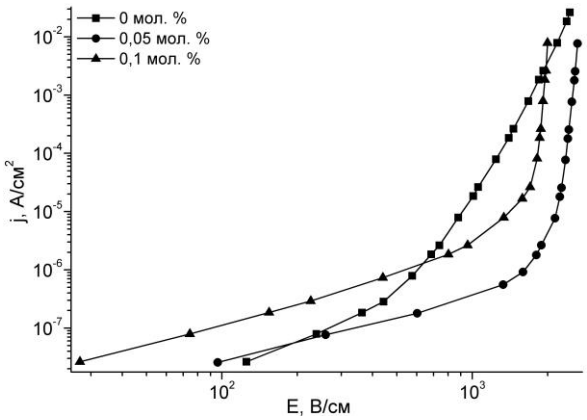


Рис. 1. Залежності густини струму *j* від напруженості електричного поля *E* зразків кераміки SnO_2 - Bi_2O_3 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3 з різною концентрацією домішки оксиду Cr_2O_3

Табл. 1. Параметри зразків кераміки SnO_2 - Bi_2O_3 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3 з різною концентрацією домішки оксиду Cr_2O_3

Cr_2O_3, мол. %	β	E_1, В·см$^{-1}$	σ, Ом$^{-1}$·см$^{-1}$
0	3,9	1720	$2{,}1\cdot10^{-10}$
0,05	16,2	2505	$2{,}7\cdot10^{-10}$
0,1	23,3	1905	$9{,}7\cdot10^{-10}$

Водночас, при збільшенні концентрації оксиду хрому у складі кераміки потроху зменшується робоча напруга досліджуваних варисторів (рис. 1) і, відповідно, зменшуються значення E_1 (табл. 1). Це, імовірно, пов'язано з поступовим ростом зерен у полікристалічній структурі керамічних варисторів. Найбільшу нелінійність ВАХ (β = 23,2) при досить помірному значенні E_1 = 1905 В/см має кераміка з концентрацією домішки Cr_2O_3 0,1 мол. %.

Збільшення вмісту Cr_2O_3 у кераміці призводить до збільшення питомої електричної провідності у слабкому полі (табл. 1) та, відповідно, струму витоку варисторів. Така

особливість ВАХ характерна при переході від високовольтних до низьковольтних зразків варисторної кераміки.

Для з'ясування впливу домішки Cr_2O_3 на однорідність структури оксидно-олов'яної кераміки було проведене вимірювання трьох ВАХ для кожного досліджуваного зразка та виконана статистична обробка отриманих даних. Одержані результати представлені в табл. 2.

Табл. 2. Розкид електричних параметрів кераміки SnO_2 - Bi_2O_3 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3 з різною концентрацією домішки оксиду Cr_2O_3

Cr_2O_3, мол. %	β	ε_β, %	E_1, В·см$^{-1}$	ε_{E1}, %	σ, Ом$^{-1}$·см$^{-1}$	ε_σ, %
0	3,8 ± 0,1	3,6	1667 ± 118	7,1	$(1,8 \pm 0,9)\cdot 10^{-10}$	50,5
0,05	15,1 ± 1,2	7,7	2484 ± 21	0,8	$(2,7 \pm 0,4)\cdot 10^{-10}$	13,9
0,1	22,7 ± 0,6	2,7	1872 ± 34	1,8	$(8,9 \pm 0,8)\cdot 10^{-10}$	9,1

Додавання до складу кераміки оксиду хрому призводить до суттєвого зменшення у кілька разів значень відносних похибок вимірювання класифікаційної напруженості електричного поля ε_{E1} і питомої електропровідності у слабкому полі ε_σ. Проте, відносна похибка вимірювання коефіцієнта нелінійності ε_β істотно не змінюється. З отриманих даних випливає, що домішка Cr_2O_3 покращує гомогенність структури кераміки при випалі й призводить до зменшення розкиду параметрів виготовлених зразків.

Таким чином, додавання оксиду хрому до складу кераміки сприяє суттєвому збільшенню нелінійності ВАХ варисторів та одержанню більш однорідних за структурою зразків з істотним зменшенням розкиду їх електричних параметрів, особливо значень класифікаційної напруженості електричного поля та струму витоку.

[1] Wang W.-X., Wang J.-F., Chen H.-C., Su W.-B., Zang G.-Z. Effects of Cr_2O_3 on the properties of (Co, Nb)-doped SnO_2 varistors. Mater. Sci. Eng. B. Vol. 99. (2003). P. 470-474.

[2] Bacelar W.K., Bueno P.R., Leite E.R., Longo E., Varela J.A. How Cr_2O_3 influences the microstructure and nonohmic features of the $SnO_2(Co_x, Mn_{1-x})O$-based varistor system. J. Eur. Ceram. Soc. Vol. 26. (2006). P. 1221-1229.

[3] Aguilar-Martinez J.A, Pech-Canul M.I., Hernandez M.B., Glot A.B., Rodriguez E., Garcia Ortiz L. Effect of Cr_2O_3 on the microstructure and non-ohmic properties of (Co, Sb)-doped SnO_2 varistors. Revista Mexicana de Fisica. Vol. 59. (2013). P. 6-9.

THE EFFECT OF Cr_2O_3 ADDITION ON THE ELECTRICAL PARAMETERS OF SnO_2 BASED VARISTORS

M. Shvets, O. Gaponov

Oles Honchar Dnipro National University

justhukuta@gmail.com

The addition of Cr_2O_3 to the SnO_2 - Bi_2O_3 - Co_3O_4 - Nb_2O_5 - Cr_2O_3 ceramic system resulted in the higher nonlinearity of current-voltage characteristics and the lower breakdown electric field. The enhancement of Cr_2O_3 concentration increases the low-field electrical conductivity while passing from high voltage varistor ceramics to low voltage one. The spread of sample parameters are lower at higher concentration of Cr_2O_3 addition in tin oxide based varistors.

ОТРИМАННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ НАНОСТРУКТУР НА ГЕТЕРОШАРАХ II-VI СПОЛУК

М. Сльотов, Л. Політанський, О. Сльотов, О. Кінзерська
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
M.Slyotov@chnu.edu.ua, O.Slyotov@chnu.edu.ua

Важливою задачею сучасної електроніки є надання приладам властивостей, що розширюють можливості практичного використання. При цьому серед широко використовуваних матеріалів значну роль відіграють II-VI напівпровідники. Їх прямозонність і велика ширина забороненої зони E_g є основною передумовою практичного використання. Тому, актуальним постає розробка та виготовлення на їх основі джерел випромінювання (спонтанного і вимушеного) з високою ефективністю, широкою спектральною областю та можливістю використання при високих температурах. В них важливу роль відіграють тонкі шари, як активні області приладів. Відповідно добір методу та режимів їх отримання є актуальною задачею для II-VI сполук і особливо структурно досконалих плівок нетипових кристалічних кубічної (β) і гексагональної (α) модифікацій зі стабільними властивостями. При цьому необхідним постає проведення відповідних досліджень властивостей отриманих приладів. До того ж, принциповим є вирішення проблеми збільшення ефективності випромінювання добором відповідного типу домішок і можливості легування ними як у процесі росту, так і після отримання шарів.

Розроблено методику і встановлено оптимальні режими виготовлення гетерошарів (ГШ) халькогенідів цинку і кадмію із стабільними нетиповими гексагональною і(чи) кубічною модифікаціями кристалічної гратки методом ізовалентного заміщення (ІВЗ). Вперше виготовлено ГШ нестандартних гексагональних модифікацій *α-ZnSe, α-ZnS,* $\alpha\text{-}ZnSe_xS_{1-x}$ ізотермічним відпалом *α-CdSe* і α-*CdS* у парах ізовалентних елементів Zn і Se [1]. Неузгодженість їх кристалічних і термічних параметрів з базовими підкладками компенсується перехідними шарами твердих розчинів контактуючих матеріалів. Визначені технологічні режими і отримані гетерошари з наноструктурованою поверхнею при хімічній обробці гетерошарів гексагональної модифікації сульфоселенідів цинку у травнику H_2SO_4:H_2O_2 = 3:1.

Дослідження АСМ-топограм поверхні виявили стан поверхні і можливості зміни її структурованості (характер розташувань і форму пірамід) шляхом варіювання температури T_B і часу t_B відпалу, рис. 1. Розроблено конструкцію і виготовлені світловипромінювачі з наноструктурами, спектр яких істотно розширюється у короткохвильову область. Він визначається двома складовими при енергіях фотонів $\hbar\omega \sim E_g$ і $\hbar\omega >> E_g$ та зростанням квантової ефективності до η = 15-20% у порівнянні з η = 0,1-0,4% для широко використовуваних монокристалів *β-ZnSe*. Отримані високоефективні джерела характеризуються випромінюванням у короткохвильовій області $\Delta\lambda$ = 0,345 - 0,535 мкм, рис. 2.

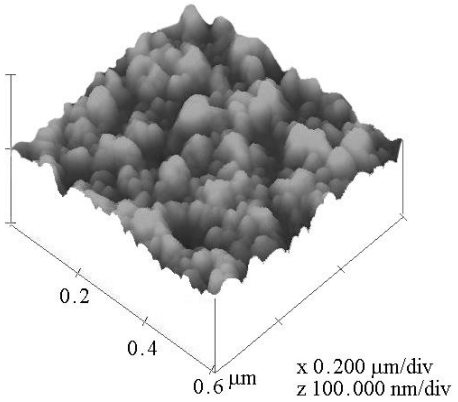


Рис. 1 АСМ-топограмма гетерошарів α-ZnSe з модифікованою поверхнею

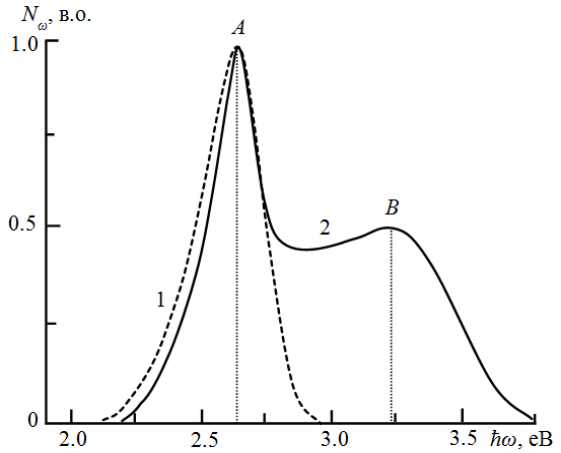


Рис. 2 Спектри фотолюмінесценції базових (1) та модифікованих (2) шарів *α-ZnSe*

Встановлено, що ефективна люмінесценція в області $\hbar\omega \sim E_g$ формується процесами анігіляції зв'язаних екситонів і міжзонними переходами вільних носіїв заряду у великих за розмірами (~100-700 нм) пірамідах внаслідок істотного зменшення темпу поверхневої рекомбінації і поверхневих струмів втрат. Зменшення розмірів до характерних для наноструктур (~10-50 нм) зумовлює розмірне квантування, яке визначає інтенсивне випромінювання в області $\hbar\omega >> E_g$. Воно характеризується широким спектром внаслідок збільшення енергії фотонів при зменшенні розмірів.

Зміна енергії переходу внаслідок розмірного квантування добре апроксимується виразом [2]

$$\Delta E = \frac{\pi^2\hbar^2}{2d^2}\left(\frac{1}{m_n^*} + \frac{1}{m_p^*}\right) \quad (1)$$

де m_n^* і m_p^* – ефективні маси електрона і дірки, а d – розміри нанооб'єктів. Проведено оцінку можливих розмірів нанооб'єктів за зміною енергії переходу

Вперше показана можливість розширення спектральної області випромінювання *α-ZnSe* в УФ діапазон внаслідок формування наноструктурованої поверхні. Широкий спектр характеризується максимумами при λ_{m1} = 0,467 мкм і λ_{m2} = 0,382 мкм та стабільною люмінесценцією в ближній УФ області до 0,34 мкм. Отримані наноструктуровані ГШ характеризуються слабкою залежністю інтенсивності випромінювання від температури при ΔT = 300-550 К,, повторюваністю його характеристик і параметрів та високою чистотою кольору 97,6 %. Для базових ГШ *α-ZnSe* нетипової гексагональної модифікації притаманна висока стійкість параметрів і характеристик випромінювання до дії опромінення густиною $D \approx 7{,}5\cdot10^{15}$ електрон/см^2 з енергією $E \approx 2$ МеВ.

[1] Патент на корисну модель №134166 Спосіб отримання гетерошарів ZnSe гексагональної модифікації // Сльотов М.М., Сльотов О.М Міністерство економічного розвитку і торгівлі України 11.05.2019, Бюл. № 9.
[2] Makhniy V.P., Sletov M.M., Mel'nyk V.V., Grivul V.I., Horley P.P., Gorley P.N., Horvath Zs.J. Luminescence peculiarities of wide-gap II-VI compounds with quantum-size surface structure // Semicond. nanocrystals. – 2005. – 2. – P.287-289.

OBTAINING AND PROPERTIES OF NANOSTRUCTURES ON HETEROLAYERS OF II-VI COMPOUNDS

M. Slyotov, L. Politansky, O. Slyotov, O. Kinzerska
Yury Fed'kovich Chernivtsi National University
M.Slyotov@chnu.edu.ua, O.Slyotov@chnu.edu.ua

The possibility of obtaining heterolayers of II-VI compounds of atypical modification with stable properties was investigated. Technological conditions were developed and nanostructured surfaces on α-ZnSe heterolayers were fabricated, which allowed to obtain highly efficient radiation sources in the region $\Delta\lambda$ = 0.345 ÷ 0.535 μm with quantum efficiency η = 20%. High temperature stability of properties at ΔT = 300-550 K and radiation hardness are determined.

ЗАСТОСУВАННЯ ARDUINO NANO ДЛЯ СТВОРЕННЯ СЕНСОРА МОНІТОРИНГУ ГАЗОВОГО ОТОЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАТЧИКІВ НА ОСНОВІ ZnO

В. Телухін, О. Ляшков
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
alexdnu@ukr.net

Потреба в розробці газових сенсорів обумовлена, вперше чергу, необхідністю контролю екологічного стану оточуючого середовища та забезпечення безпеки діяльності людини. Основними джерелами забруднення атмосфери є різні види транспорту, промислові підприємства, тепловіелектростанції. На території України функціонує близько 1500 підприємств, які викидають в атмосферу шкідливі речовини. Серед них, в основному, підприємства чорної та кольорової металургії, нафтодобувної та нафтохімічної промисловості, хімічної промисловості. Тому газоаналітичні сенсори потрібні для використання практично у всіх галузях промисловості. Очевидно, що задача хімічної діагностики є суспільно потрібною. На сьогодні стоїть питання про розробку, організацію промислового виробництва та впровадження в повсякденне життя технічних систем хімічної діагностики. Конкретними елементами цих систем повинні стати пристрої, що дають неперервну інформацію про стан хімічного складу атмосфери [1]. Подібні пристрої повинні забезпечувати вибіркову реакцію на певні компоненти середовища, мати високу надійність і відтворюваність результатів.

На сьогодні, основним матеріалами, що використовуються при виготовленні сенсорів, є напівпровідникові оксиди металів SnO_2, ZnO та інші [1]. В роботі надано опис сенсору на основі Arduino Nano, що дозволяє обробляти сигнали від масиву датчиків на основі ZnO.

Arduino - це електронний конструктор і зручна платформа швидкої розробки електронних пристроїв як для новачків так і професіоналів. Платформа користується величезною популярністю в усьому світі завдяки зручності і простоті мови програмування, а також відкритій архітектурі і програмному коду. Arduino Nano на базі ATmega328, має 14 цифрових вхід / виходів (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ і 8 як аналогові входи), кварцовий генератор 16 МГц, роз'єм мікро-USB, силовий роз'єм, роз'єм ICSP і кнопку перезавантаження. Мікроконтролер програмується за допомогою мови Arduino (на основі мові Wiring) і середовища розробки Arduino (на основі Processing). Розміри друкованої плати Arduino Nano складають 4,2 на 1,85 см. (рис. 1).

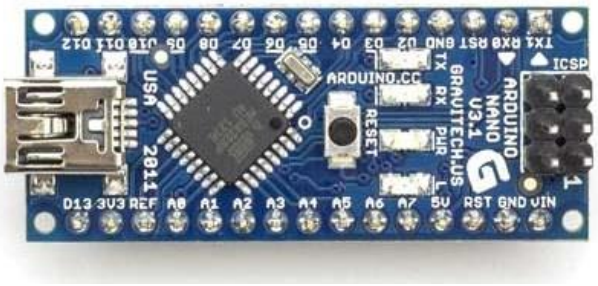


Рис. 1. Зовнішній вигляд Arduino Nano.

В сенсорі, що був розроблений, Arduino Nano забезпечує передачу даних між електричною схемою мультисенсорної системі (рис. 2) з 8 датчиків на основі ZnO та

персональним комп'ютером для обробки та візуалізації даних в режимі реального часу. Сполучення з персональним комп'ютером здійснювалось через USB порт.

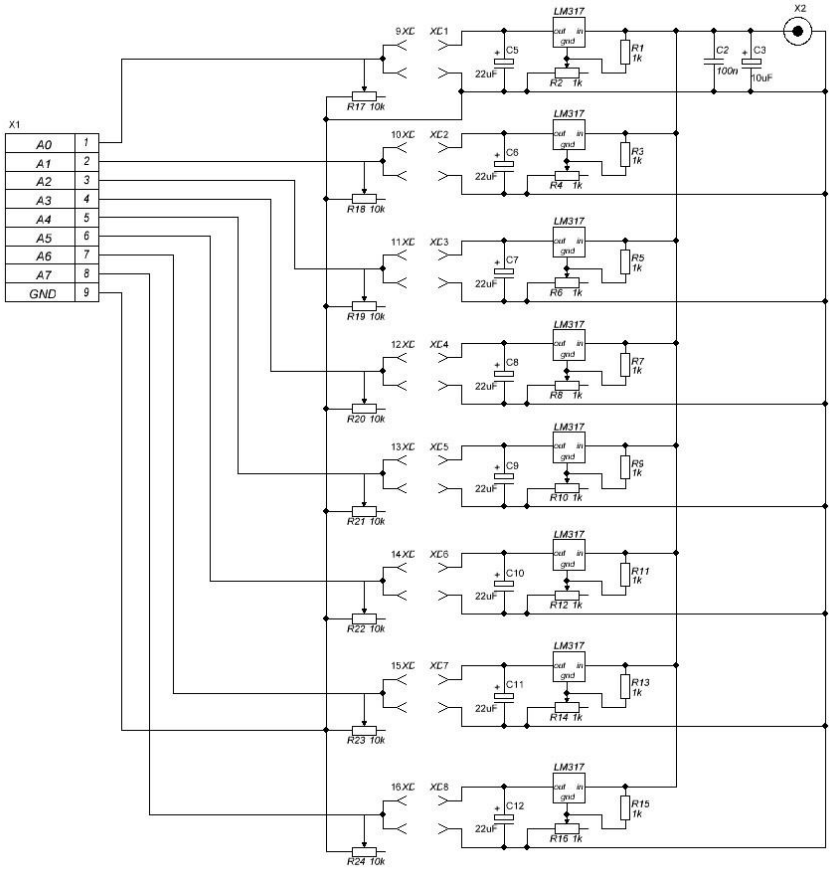


Рис. 2. Електрична принципова схема плати датчиків.

Таким чином застосування Arduino Nano дозволяє створювати сучасні мультісенсорні системи моніторингу газового оточення на базі оксиднометалевих датчиків.

[1] Бугайова М. Е. ГАЗОВІ СЕНСОРИ НА ОСНОВІ ОКСИДУ ЦИНКУ (ОГЛЯД) / М. Е. Бугайова, В. М. Коваль, В. Й. Лазоренко. // Інститут проблем матеріалознавства Національної Академії наук України ім. І.М. Францевича. – 2005. – С. 34–42.

APPLICATION OF Arduino Nano FOR CREATION OF GAS ENVIRONMENT MONITORING SENSOR BASED ON ZnO

V. Telukhin, O. Liashkov
Oles Honchar Dnipro National University
alexdnu@ukr.net

The development of gas sensors is necessary to monitor the ecological state of the environment and ensure the safety of human activities.

Today, semiconductor metal oxides (SnO_2, ZnO) are the main materials used in the sensors producing. This work is of interest for the development of gas chemical sensors with high sensitivity, selectivity, stability based on zinc oxide.

The paper describes a sensor based on Arduino Nano, which allows to process signals from an array of sensors based on ZnO.

Arduino is an electronic kit and a convenient platform for rapid development of electronic devices for beginners and professionals as well. The platform is very popular around the world due to the convenience and simplicity of the programming language, as well as open architecture and program code.

In the developed sensor, the Arduino Nano provides data transfer between the electrical circuit of a multi-sensor system with 8 ZnO-based sensors and a personal computer for processing and visualizing data in real time. The connection to the personal computer was made via a USB port.

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ ЕПР НАНОКРИСТАЛІВ ТВЕРДИХ СПОЛУК ТИПУ ZnS_xSe_{1-x}

С. Чугуй, Є. Плахтій, О. Хмеленко
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
khmelenko@ukr.net

В роботі проведені дослідження нанокристалів (НК) твердих розчинів типу ZnS_xSe_{1-x}, які були отримані методом самопоширюваного високотемпературного синтезу [1]. Під час синтезу спеціального додаткового легування не проводили. Спектри вимірювали за кімнатної температури на ЕПР спектрометрі типу Radiopan SE/X 2543 в X-діапазоні.

Дослідження спектрів ЕПР НК твердих розчинів ZnS_xSe_{1-x}, з'ясувало, що навіть за відсутності легування НК марганцем, в усіх зразках спостерігається надтонка структура, яка складається з шести еквідистантних ліній, характерних для парамагнітних центрів Mn^{2+} (рис. 1). Це пов'язано з тим, що матеріали для синтезу НК ZnS_xSe_{1-x} використовувалися марки ХЧ і в паспорті матеріалів присутній марганець як фонова домішка. У зразках з $0.4 \leq x \leq 1$ ці лінії виявилися здвоєними, що свідчить про існування двох спектрів ЕПР центрів Mn^{2+}, які накладаються один на одний. В інших зразках таких здвоєних ліній надтонкої структури ЕПР не спостерігалося. Один із спектрів з константою надтонкої структури A=7.16 mT, належить до іонів Mn^{2+}, які знаходяться в гексагональному локальному оточенні. Інший спектр з константою надтонкої структури A = 6.90 mT, пов'язаний з іонами Mn^{2+}, які перебувають у кубічному локальному оточенні. Видно, що константи надтонкої структури співпадають з константами надтонкої структури іонів Mn^{2+}, отриманих нами попередньо для НК ZnS_xSe_{1-x}: Mn [2]. Це свідчить про те, що іони Mn^{2+} перебувають у різному локальному оточенні та виявляють себе по-різному в спектрах ЕПР НК ZnS_xSe_{1-x}, і за спектрами ЕПР можна стверджувати про наявність або відсутність гексагональної та кубічної фази в НК ZnS_xSe_{1-x}. Отриманий результат корелює з даними рентгено-фазового аналізу (РФА), які виявили наявність змішаної кристалічної структури НК ZnS_xSe_{1-x} в зразках з $0.4 \leq x \leq 1$ і наявність тільки кубічної фази в складниках з $0 \leq x \leq 0.2$. Максимальну інтенсивність у

спектрах ЕПР іони Mn^{2+} мають для зразків з x = 1 і x = 0, це можна помітити, порівнюючи інтенсивність шуму й сигналу. У зразків з $0.2 \leq x \leq 1$ у спектрах ЕПР при полях близько 150 мТл помітні широкі індивідуальні смуги, ймовірно, пов'язані з неоднорідністю структури, отриманої в процесі СВС, або з фазою ZnO. У цих же НК ZnS_xSe_{1-x} була зареєстрована поодинока лінія ЕПР з g = 1.9998, пов'язана з неконтрольованою домішкою, – іонами Cr^+. Така ж лінія ЕПР була помічена й у НК ZnS_xSe_{1-x}: Mn [3]. Це засвідчує, що Cr спостерігається в початковій шихті у вигляді неконтрольованої домішки.

При реакції СВС утворюються дрібні й великі частки. Розгляд великих часток недоцільний, оскільки великі частки утворюються з дрібних нанокристалів, процес зростання великих часток подібний до процесу зростання кристала з розплаву, відповідно, можливе отримання складної фазової структури цих зразків.

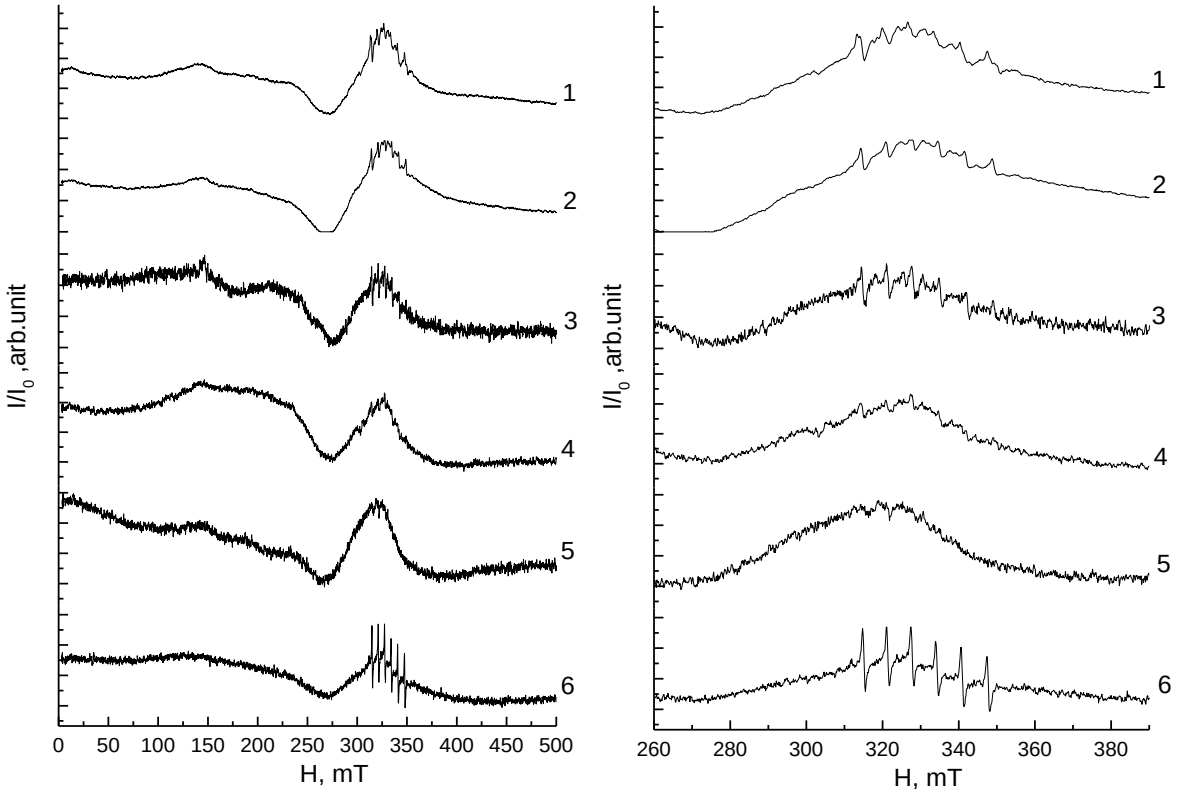


Рис. 1. Спектр (a) та частина спектру (b) ЕПР НК ZnS_xSe_{1-x} залежно від параметру x: 1- x=1, 2 - x=0.8, 3 - x=0.6, 4 - x=0.4, 5 - x=0.2, 6 - x=0

[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

INVESTIGATION OF EPR SPECTRAS OF ZnS_xSe_{1-x} NANOCYSTALS OF SOLID COMPOUNDS

S. Chuhui, Ye. Plakhtii, O. Khmelenko
Oles Honchar Dnipro National University
khmelenko@ukr.net

The study performed nanocrystals (NC) of solid solutions of ZnS_xSe_{1-x} type, which were obtained by self-propagating high-temperature synthesis.

A study of the EPR spectra of NC solid solutions of ZnS_xSe_{1-x} found that even in the absence of doping with manganese NC, all components have an ultrafine structure consisting of six equidistant lines characteristic of Mn^{2+} paramagnetic centers (Fig. 1).

Mn^{2+} ions are in different local environments and manifest themselves differently in the EPR spectra of ZnS_xSe_{1-x} NCs, and the EPR spectra can be used to state the presence or absence of hexagonal and cubic phases in ZnS_xSe_{1-x} NCs.

Li ATOMS INTERCALATION IN THE CRYSTALS OF 2H-$TaSe_2$ GATED BY A POLYMER ELECTROLYTE $LiClO_4$/PEO: FIRST PRINCIPLES CALCULATION

Yu. Prikhozha, R. Balabai
Kryvyi Rih State Pedagogical University
prihozhaya.yuliya93@gmail.com, balabai@i.ua

As the most commonly used potential energy conversion and storage devices, Li-ion batteries (LIBs) have been extensively investigated for a wide range of fields including information technology, electric vehicles, aerospace, etc. Endowed with attractive properties such as high energy density, long cycle life, small size, and low weight, LIBs have been recognized as the most likely approach to be used to store electrical power in the future. The anode plays a crucial role in the LIB as the characteristics of the anode directly influence the battery's electrochemical performance.

Two-dimentional (2D) layered nanomaterials have attracted much attention due to their unusual physical properties. 2D layered inorganic graphene analogues, such as transition-metal dichalcogenides are also important and have been extensively in the fields of lubrication, catalysis, energy storage, electronics and sensors [1]. The transition-metal dichalcogenides layer compounds are formed by 2D sandwich layers of covalently bound X-M-X units which are separated from each other by weak van der Waals interlayer interaction. These crystals can be easily cleaved along the van der Waals layers [2]. One such material is 2H-$TaSe_2$, which has features a hexagonal crystals structure with a stack of one Ta layer sandwiched between two Se layers. This 2D layered structure contains large enough volumes to move the intercalated Li atoms. Recently, the storage rates of Li atoms have been significantly improved, which is achieved by combining the anode materials of the nanostructured alloy with carbon materials.

However, such nanocomposite anodes usually suffer from a rapid decrease in power during prolonged use. This is largely due to the weak physical interactions between carbon substances and active materials. Gating of layered transition metal dichalcogenides with an ionic liquid, for example, a polymer electrolyte $LiClO_4$/PEO, is also used to improve the properties of battery anodes [3].

The comprehensive assessment of LIB anode materials and structures is in urgent need, aiming to produce designs of electrode architectures endowed with better overall performance. Therefore, composites of multi-material blending and combination of different nanostructures do help. In this respect, more theoretical research including large-scale modelling and quantum-chemical computing should be applied to maximize the feature which leads to improved performance while also minimizing shortcomings among the different materials and structures. In order to optimize and increase the efficiency of ion batteries, there is a need for thorough theoretical investigation of new stable and low-cost anode materials.

Applying the methods of the functional of electronic density and the first principles pseudopotential, we carried out computational experiments, using the author's software complex [4], on atomic models that correctly reproduced the layered structure of $TaSe_2$ gated by a polymer electrolyte $LiClO_4$/PEO with intercalated Li atoms (fig. 1). We have obtained the spatial distributions of the density of valence electron, charges on atomic cores, Coulomb potential, and the energy of migration of Li atoms in the $TaSe_2$ channels.

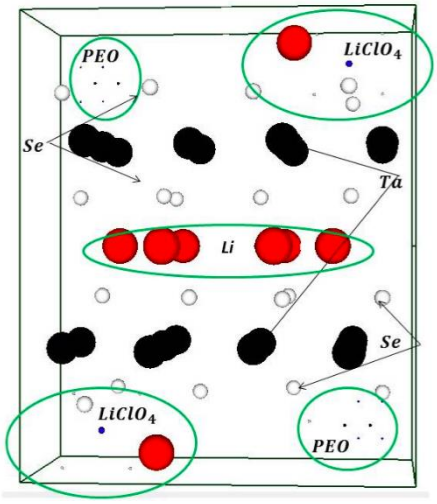


Fig. 1. Crystal fragment of 2H-$TaSe_2$ featuring multiple channels gated by a polymer electrolyte $LiClO_4$/PEO with intercalated Li atoms.

[1] Hai Li, Gang Lu, et al. Mechanical Exfoliation and Characterization of Single- and Few-Layer Nanosheets of WSe_2, TaS_2, and $TaSe_2$. Nanosheets, 2013, 9, № 11, 1974-1981 (doi: 10.1002/smll.201202919).

[2] M. Kamaratos et al. Interaction Between Li and Na Intercalated into 1T-$TaSe_2$ Layer Compounds. Surface Review and Letters, 1999, Vol. 6, №2, 205-211 (doi: 10,1142/s0218625x99000238).

[3] Yueshen We et al, Lithium Ion Intercalation in Thin Crystals of Hexagonal $TaSe_2$ Gated by a Polymer Electrolyte. Applied Physics Letters, 2018, 112, 023502-1 – 023502-5 (doi: 10.1063/1.5008623).

[4] Ab initio calculation [Electronic resource]: Internet portal. Access mode: http://sites.google.com/a/kdpu.edu.ua/calculationphysics/.

ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ДІОДІВ ШОТТКІ ГРАФІТ/n-Si, ОТРИМАНИХ ШЛЯХОМ ПЕРЕНЕСЕННЯ НАРИСОВАНИХ ПЛІВОК ГРАФІТУ НА Si

П. Мар'янчук[1], М. Солован[1], Т. Ковалюк[1,2], А. Мостовий[1], М. Грицюк[1]
[1]*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*
[2]*Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics*
a.mostoviy@chnu.edu.ua

Методи отримання тонких плівок графіту викликають великий науковий та практичний інтерес, зумовлений унікальними властивостями цих плівок, хорошою електричною провідністю, прозорістю, високими механічними властивостями, високою рухливістю носіїв заряду [1].

Графіт формує бар'єр Шотткі до цілого ряду напівпровідників, зокрема до кремнію. Цей факт є важливим, оскільки кремній є основним матеріалом сучасної напівпровідникової електроніки, силової електроніки та геліоенергетики. Він використовується для виробництва сонячних батарей, високотехнологічного обладнання, електрообладнання та комплектуючих до електроприладів [2].

Для виготовлення діодів Шотткі використовується простий і дешевий метод перенесення нарисованої плівки графіту на напівпровідникові підкладки «олівець-на-напівпровіднику» [3]. Відповідно до цього методу, графітову плівку спочатку рисують на розчинній підкладці (NaCl), а потім переносять на гладку поверхню напівпровідникової підкладки і формують якісний оптичний контакт.

Перед початком нанесення плівок графіту, одна з поверхонь свіжосколотої монокристалічної соляної підкладки (NaCl) механічно шліфується до шорсткості R_a=0,2 мкм, R_z=0,23 мкм та R_{max}=1,1 мкм. Однорідна графітова плівка рисується на підготовленій поверхні соляної підкладки за допомогою чистого графітового стержня діаметром 1 мм при постійній силі притиснення в 1 Н. Після цього зразок розміщується на поверхні дистильованої води плівкою графіту вверх. Через певний час соляна підкладка повністю розчиняється, а на поверхні води плаває нарисована тонка плівка графіту. Плаваючу нарисовану плівку графіту перенесли на підкладку n-Si розмірами 5×5×0,5 мм для виготовлення діодів Шотткі. Плівка графіту після перенесення на підкладку висушується у потоці гарячого повітря 80 °C для того, щоб видалити залишки води та сформувати якісний оптичний контакт з гладкою поверхнею підкладки.

За допомогою срібної пасти, наносимо фронтальний електричний контакт при кімнатній температурі.

Щоб уникнути рекомбінації на тиловій стороні кремнію і забезпечити хороше збирання фотогенерованих носіїв заряду, були використані підкладки, які мають тиловий контакт з вбудованим внутрішнім полем.

Вольт-амперні характеристики досліджуваних гетероструктур вимірювали за стандартною методикою з використанням точного фемто/піко амперметра Keysight B2985A з вбудованим джерелом (± 1000 В), а в якості вольтметра використовували Agilent 34410A.

Встановлено, що виготовлені діоди Шотткі графіт/n-Si володіють яскраво вираженими діодними характеристиками з висотою потенціального бар'єру при кімнатній температурі φ_0 = 1,75 еВ.

Проаналізовано прямі гілки ВАХ діодів Шотткі графіт/n-Si, побудованих в напівлогарифмічному масштабі та показано, що значення показника неідеальності (n) в області напруг $3kT/e < V < 1{,}5$ В приблизно рівний 7, а це свідчить про те, що домінуючим механізмом струмопереносу можна вважати тунельно-рекомбінаційні процеси за участю поверхневих станів на межі розділу графіт/Si.

Проведений аналіз механізмів струмопереносу через досліджувані діоди Шотткі графіт/n-Si при зворотному зміщенні свідчить про протікання невеликого струму витоку через шунтуючий опір.

Досліджено вплив світла на ВАХ діодів Шотткі графіт/n-Si та встановлено, що при освітлені білим світлом інтенсивністю P_{opt} = 80 мВт/см^2, зворотний струм I_{light} зростає в порівнянні з його величиною у темряві I_{dark} більше ніж на порядок внаслідок розділення фотогенерованих електрон-діркових пар. З вищесказаного можна зробити висновок, що виготовлені діоди Шотткі графіт/n-Si можна використовувати як фоточутливі прилади.

[1] Li X., Zhu H., Wang K., Cao A., Wei J., Li C., Jia Y., Li Z., Wu D. Graphene-On-Silicon Schottky Junction Solar Cells. Adv. Mater. Vol. 22. (2010). P. 2743–2748.
[2] Tung R.T. Recent Advances in Schottky Barrier Concepts. Materials Science and Engineering R. Vol. 3. (2001). P. 1-13.
[3] Brus V.V., Maryanchuk P.D. Photosensitive Shottky-type heterojunctions prepared by the drawing of graphite films. Appl. Phys. Lett. Vol. 104. (2014). P. 173501.

FABRICATION AND INVESTIGATION OF GRAPHITE/n-Si SCHOTTKY DIODES PREPARED BY THE TRANSFER OF DRAWN GRAPHITE FILMS ON Si

P. Maryanchuk[1], M. Solovan[1], T. Kovalyuk[1,2], A. Mostovyi[1], M. Hrytsiuk[1]
[1]*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*
[2]*Charles University in Prague, Faculty of Mathematics and Physics*
a.mostoviy@chnu.edu.ua

This paper reports the results of an investigation of electrical properties Photosensitive Schottky diodes graphite/n-Si prepared for the first time by the transfer of dry drawn graphite films onto single crystal n-Si.

Forward and reverse I-V characteristics of Schottky diodes graphite/n-Si were measured at various temperatures, as well as with light intensity P_{opt}= 80 mW/cm^2. The dominant mechanisms of current transfer through the heterojunction have been determined: at forward bias is well described within of tunneling-recombination models via surface states at the graphite/n-Si interface, at reverse bias was determined to be the small current flows through the shunt resistance.

It was found that under illumination with white light with an intensity P_{opt} = 80 mW/cm^2, the reverse current I_{light} increases by more than an order of magnitude in comparison with its value in the dark I_{dark} due to the separation of photogenerated electron-hole pairs. From the above, it can be conclude that the fabricated Schottky diodes can be use as a photosensitive device.

INFLUENCE OF ANNEALING ON OPTICAL PROPERTIES OF $(Ga_{0.3}In_{0.7})_2Se_3$ FILMS

M. Pop[1], M. Kranjčec[2], I. Studenyak[1]
[1]*Uzhhorod National University*
mykhaylo.pop@uzhnu.edu.ua
[2]*University North, J. Križanića St., 33, 42000 Varaždin, Croatia*
mladen.kranjcec@yahoo.com

$(Ga_xIn_{1-x})_2Se_3$ semiconductor crystals with $0.02<x<0.55$ belong to the defect wurtzite structure with hexagonal symmetry ($P6_1$ or $P6_5$ space group) [1]. They characterize by the high concentration of vacancies that can form spirals along the optical axis *c* of the crystal [2]. Alternation of cations and vacancies results in random fluctuations of lattice electric potential which, in turn, affects the physical processes in $(Ga_xIn_{1-x})_2Se_3$ crystals. The optical properties of $(Ga_xIn_{1-x})_2Se_3$ crystals were investigated in Ref. [3]. Here we report on the influence of annealing on the refractive index dispersion and absorption edge parameters of $(Ga_{0.3}In_{0.7})_2Se_3$ films.

$(Ga_{0.2}In_{0.8})_2Se_3$ films were deposited by the thermal evaporation technique. Annealing of the films was performed in inert atmosphere (argon) for 1 h at the temperature 323, 373 and 423 K. Spectroscopic ellipsometer Horiba Smart SE was used for the measurements of the optical constants of $(Ga_{0.3}In_{0.7})_2Se_3$ thin films. Measurements were carried out in the spectrum region from 440 nm to 1000 nm at an incident angle of 70^0. Optical transmission spectra of $(Ga_{0.3}In_{0.7})_2Se_3$ film were measured by using LOMO KSVU-23 grating monochromator. The spectral dependences of the absorption coefficient were derived from the interference transmission spectra.

The results of ellipsometric studies have shown that in the transparency region a slight dispersion of the refractive index for $(Ga_{0.3}In_{0.7})_2Se_3$ films is observed, increasing with approaching the optical absorption edge. With annealing temperature increase the nonlinear increase of the refractive index in annealed $(Ga_{0.3}In_{0.7})_2Se_3$ films is revealed (refractive index increase from 2.461 to 2.522 at λ=1 μm).

It should be noted that with an increase in the annealing temperature, a shift of the transmission spectra to the short-wavelength region of the spectrum are observed. In annealed $(Ga_{0.3}In_{0.7})_2Se_3$ film the Urbach shape of the optical absorption edge is observed. With annealing temperature increase the optical absorption edge for annealed $(Ga_{0.3}In_{0.7})_2Se_3$ film is shifted to the short-wavelength region. The observed variation of the optical absorption edge leads to the energy pseudogap and the Urbach energy values increase with annealing temperature increase (from 1.771 to 1.790 eV and from 189 to 207 meV, respectively). The increase of the Urbach energy with annealing temperature can be attributed to the increase of the degree of disorder that results in the increase of the band tailing.

[1] Popović S., Čelustka B., Ružić-Toroš Z., Broz D. X-ray diffraction study and semiconducting properties of the system Ga_2Se_3-In_2Se_3. Phys. Stat. Sol. (a). Vol. 41. (1977). P. 255–262.
[2] Ye J., Yoshida T., Nakamura Y., Nittono O. Realization of giant optical rotatory power for red and infrared light using III_2VI_3 compound semiconductor $(Ga_xIn_{1-x})_2Se_3$. Jap. J. Appl. Phys. Vol. 35. (1996). P. 4395–4400.
[3] Kranjčec M., Studenyak I.P., Azhniuk Yu.M. Photoluminescence and optical absorption edge in γ_1-$(Ga_xIn_{1-x})_2Se_3$ mixed crystals. Phys. Stat. Sol. (b). Vol. 238. (2005). P. 439–450.

СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКИХ ПЛІВОК ГРАФІТУ ОТРИМАНИХ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

М. Солован[1], Г. Ямрозик[1], В. Брус[2], П. Мар'янчук[1]
[1]*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,*
[2]*Nazarbayev University, 53 Kabanbay Batyr, 010000, Nur-Sultan City, Kazakhstan*
yamrozyk.hanna@chnu.edu.ua

В останні роки невпинно збільшується інтерес науковців до виготовлення та дослідження тонких вуглецевих шарів. Вуглець – це унікальний елемент, який відрізняється від інших елементів своєю здатністю утворювати кристалічні структури із різним типом зв`язку [1].

Тонкі плівки графіту виготовлені безвакуумним методом «олівець-на-напівпровіднику» та методом електронно-променевого випаровування. Методику отримання плівок методом «олівець-на-напівпровіднику» описано в роботі [2]. Відпал отриманих тонких плівок графіту проводили протягом 5 годин при температурі 920 К у вакуумі в електропечі СНОЛ 15/1300 з мікропроцесорним регулятором температури типу RT26-S765.

Для порівняння було напилено плівку графіту методом електронно-променевого випаровування в універсальній вакуумній установці Leybold-Heraeus L560 із спресованих таблеток порошку графіту. Плівки напиляли за температури підкладок 920 К. Сформовані таблетки графіту розміщували в мідному тиглі з водяним охолодженням і поступово прогрівали електронним променем у вакуумній камері, яка відкачувалася турбомолекулярним насосом до вакууму $5 \cdot 10^{-5}$ мбар.

Досліджено структурні властивості графітових плівок. Товщина плівок становила: для нарисованої – 150 нм, а для напиленої – 30 нм (товщину вимірювали за допомогою Мікроінтерферометра МИИ-4).

На рис. 1. показано СЕМ зображення поверхні і поперечного перерізу двох тонких плівкок графіту, а саме: нарисованої плівки графіту (відпаленої при 920К) та виготовленої методом електронно-променевого випаровування. Як видно з зображення, поверхня нарисованої плівки графіту має видимі отвори (рис.1,а), що є небажаним для виготовлення високоякісних електричних контактів, а поверхня тонкої плівки виготовленої методом електронно-променевого випаровування (рис.1,б) гладка і без видимих отворів, що має вирішальне значення для створення якісних і стабільних електронних приладів з високим коефіцієнтом випрямлення та високою фоточутливістю.

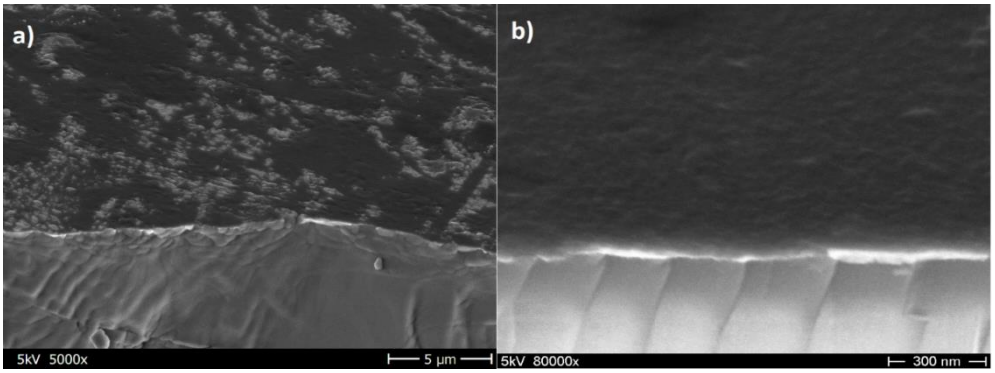


Рис. 1. СЕМ-зображення тонких плівок графіту виготовлених різними методами: а) – нарисована та відпалена плівка графіту, б) - плівка виготовлена методом електронно-променевого випаровування.

Смуга *G* на спектрах раманівського розсіювання (рис.2) для нарисованих плівок графіту та для плівок отриманих електронно-променевим випаровуванням корелює з раманівським спектром високо орієнтованого піролітичного графіту [3], а яскраво виражена *D* смуга, походить від невпорядкованої структури нарисованих олівцем графітових плівок, які були відпалені при 920К (рис.2,а), та плівок отриманих електронно променевим випаровуванням (рис.2,б).

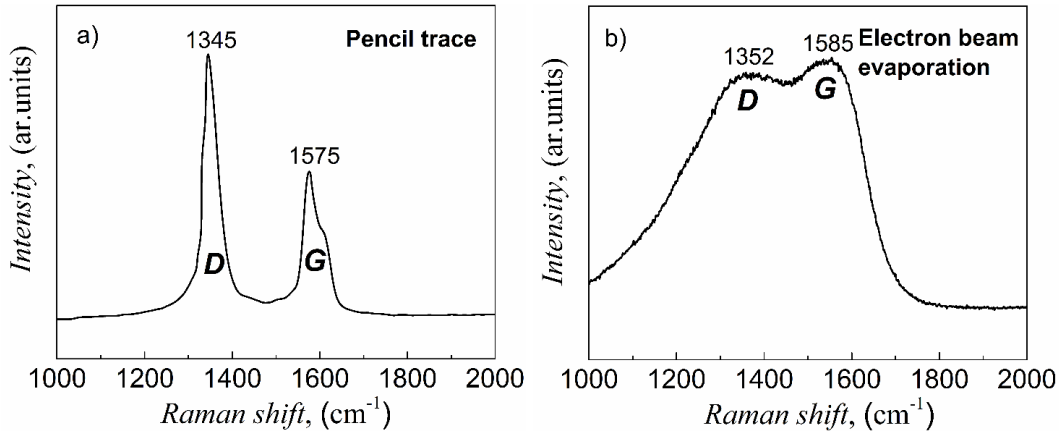


Рис. 2. Раманівські спектри тонких плівок графіту виготовлених різними методами: а) – нарисована та відпалена плівка графіту, б) - плівка виготовлена методом електронно-променевого випаровування.

[1] E. Rollings, G.-H. Gweon, S.Y. Zhou, B.S. Mun, J.L. McChesney, B.S. Hussain, A.V. Fedorov, P.N. First, W.A. de Heer and A. Lanzara. J. Phys. Chem. Sol. **67**, 2172 (2006)
[2] V.V. Brus and P.D. Maryanchuk. Carbon.**78**, (2014)
[3] T. Kaplas andP. Kuzhir. Nanoscale Research Letters. **6,** 3 (2016)

STRUCTURAL PROPERTIES OF GRAPHITE THIN FILMS PREPARED BY DIFFERENT METHODS

M. Solovan[1], H. Yamrozyk[1], V. Brus[2], P. Maryanchuk[1]
[1]*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*
[2]*Nazarbayev University, 53 Kabanbay Batyr, 010000, Nur-Sultan City, Kazakhstan*
yamrozyk.hanna@chnu.edu.ua

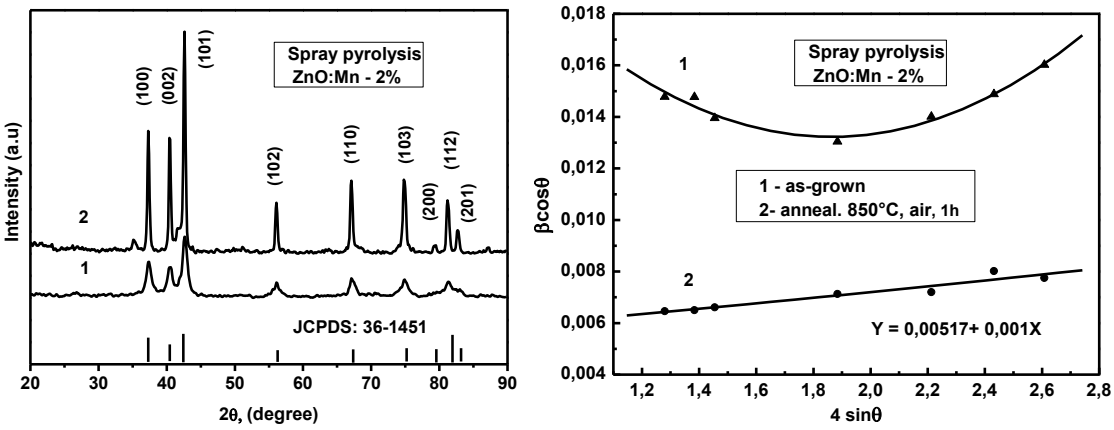
The paper reports on the structural properties of graphite thin films prepared by two methods: the vacuum-free method "Pencil-on-semiconductor" and via the electron beam evaporation such studies are of great importance for the further development of high-efficiency devices based on heterojunctions for electronics and optoelectronics. According to the results of SEM structurally more perfect graphite films obtained by electron beam deposition, and the presence of more blurred peaks in the Raman scattering spectra for the film obtained by electron beam evaporation, indicates that the thin film obtained by this method is polycrystalline and has a smaller size comparable to the drawn film.

ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ НАНОКРИСТАЛІВ ZnO:Mn

О. Коваленко, В. Воровський, І. Сабадаш
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
kovalenko.dnu@gmail.com

В останній час розбавленим магнітним напівпровідникам (РМН), до складу яких відноситься і оксид цинку легований марганцем, приділяється значний інтерес у зв'язку із можливістю побудови на їх основі спінтронних приладів для збереження та запису інформації [1]. Серед відомих методів синтезу РМН метод ультразвукового піролізу аерозолю (УПА) вигідно відрізняється від усіх інших методів тим, що є простим та без вакуумним методом, дозволяє отримувати наноматеріали у вигляді як порошку, так і плівок. Особливістю метода є те, що під час такого синезу формуваня НК відбувається у нерівноважних умовах. При цьому формуються НК із дефектною структурою типу «ядро – оболонка» - бездефектне ядро та дефектна оболонка, а самі НК можуть бути оточені аморфним міжкристалічним середовищем. Такі умови формування НК приводять до значних змін параметрів кристалічної гратки, а також до появи у ній мікронапружень. Метою роботи було дослідження кристалічної структури та деформаційних напружень кристалічніх граток зразків НК ZnO:Mn отриманих методом УПА.

Методом рентгено-фазового аналізу (РФА), досліджувались зразки НК ZnO:Mn із концентрацією марганця 2 ат.% до відпалу та після відпалу на повітрі за температури 850˚С протягом 1 год. Для синтезу використовувались водні розчини нітратів цинку та марганцю. Синтез відбувався при температурі T_c = 550˚С. Отримані рентгенограми зразків приведені на рис. 1а. Було встановлено, що НК ZnO:Mn мають гексагональну гратку типу вюрцит (у відповідності до стандарту, карта JCPDS: 36-1451). Середній розмір НК *D*, а також параметри кристалічної гратки *a* та *c*, об'єм елементарної комірки зразків *V* розраховувались за відомими формулами [2].



а б

Рис.1. Рентгенограми (а) та аналіз рентгенограм методом Вільямсона – Холла (б) зразків НК ZnO:Mn -2%: до відпалу – (1); після відпалу за 850˚С протягом 1 год. – (2).

Аналіз результатів показує, що параметри кристалічних граток *a* та *c* зразків мають значно менші значення ніж у монокристалічного ZnO. Після відпалу за температури 850˚С протягом 1 год значення вказаних параметрів стають відповідати стандартним значенням, з врахуванням факту легування ZnO домішкою Mn. Таке зменшення параметрів та об'єму елементарної комірки свідчить про те, що кристалічна

гратка синтезованого зразку знаходиться у нерівноважному стані та має деформаційні напруження.

Дослідження дефектного стану зразків проводилось шляхом оцінки впливу мікродеформації кристалічної гратки на величину розширення β дифракційних ліній. Для цього використовувалась методика Вільямсона – Холла [3]. Були побудовані графіки залежності значень $\beta\cos\theta$ від $4\sin\theta$ зразків (рис. 1б). Із приведених графіків видно, що для синтезованого зразка неможливо провести лінійну апроксимацію отриманих результатів. Це говорить про те, що мікроструктура НК дуже складна та визначається великою анізотропією міжплощинних відстаней d та мікродеформацій $\varepsilon = \frac{\Delta d}{d}$. Тільки після відпалу зразка за температури 850°C протягом 1 год експериментальні результати можуть бути апроксимовані лінійною функцією. Можливо, це є доказом того, що кристалічна гратка цих зразків знаходиться у нерівноважному стані та має велику кількість власних дефектів.

Величина мікродеформації ε визначалася за кутом нахилу лінії апроксимації Y = 0,00517 + 0,001X до лінії абцис x = $4\sin\theta$. Виходячи із цього рівняння одержуємо значення мікродеформації $\varepsilon = 10^{-3}$. Коефіцієнт лінії апроксимації $\frac{k\lambda}{D}$ = 0,00517. Звідки було отримано значення середнього розміру НК зразка після відпалу D = 15,1нм. Отримана величина значно менша ніж та, яка була отримана за розрахунком по формулі Шерера, D_s = 100,5 нм. Причина такої розбіжності на даний час невідома.

Показано, що і НК ZnO:Mn-2ат.% мають структурні особливості. Параметри кристалічної гратки *a* та *c* синтезованого зракзку мають значно менші розміри, ніж у монокристалічного ZnO. Відпал зразку за температури 850˚C на повітрі протягом 1 год приводить ці параметри у відповідність із монокристалічним ZnO (із врахуванням їх збільшення під час легування домішкою Mn). Показано, що для синтезованих зразків НК ZnO:Mn використання методики Вільямсона – Холла неможливе. Після відпалу зразку на повітрі за температури 850˚C протягом 1 год його кристалічна гратка ще залишається напруженою, значення мікродеформації дорівнює $\varepsilon = 10^{-3}$.

[1] Zutic J. et al., Bipolar spintronics: fundamentals and applications. IBM J. Res. Dev. Vol. 50, No.1. (2006). P. 121 – 139.
[2] Горелик С.С. Рентгенографический и электронноптический анализ / С.С. Горелик, Ю.А. Скаков, Л.Н. Расторгуев. – М. : МИСИС, 1994. – 328 с.
[3] Williamson G. K., Hall W. H. X-ray line broadening from filed aluminium and wolfram. Acta Metall. Vol.1.(1953). P.22–31.

FEATURES OF THE CRYSTAL STRUCTURE OF ZnO:Mn NANOCRYSTALS

A. Kovalenko, V. Vorovsky, I. Sabadash
Oles Honchar Dnipro National University
kovalenko.dnu@gmail.com

The ZnO:Mn NC samples with a manganese concentration of 2 at.% were studied by XRD. The samples were obtained by ultrasonic aerosol pyrolysis. The samples were annealed in air at a temperature of 850˚C for 1 h. It was found that the parameters of the crystal lattice a and c of the synthesized samples are significantly smaller than those in single-crystal ZnO. Annealing the sample at a temperature of 850 ° C in air for 1 h brings the values of these parameters in line with the standard values for ZnO. After such annealing of the sample, its crystal lattice remains strained, the microstrain value is $\varepsilon = 10^{-3}$.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМІВ ЯМР РЕЛАКСАЦІЇ ЯДЕР ^{7}Li В СЕГНЕТОЕЛЕКТРИЧНИХ КРИСТАЛАХ НІОБАТУ ТА ДІГІДРОФОСФАТУ ЛІТІЯ

Є. Чесноков, І. Вертегел, О. Овчаренко, А. Буківський, Ю. Гнатенко
Інститут фізики НАН України
chesnokov20@ukr.net

Кристали дігідрофосфату літія є перспективними матеріалами для виробництва джерел живлення та використання в якості детекторів нейтронного випромінювання, хоча до теперішнього часу залишається не з'ясованим механізм їх протонної провідності. Кристали ніобату літія використовуються в сучасних пристроях нелінійної оптики, однак при лазерному опроміненні цих кристалів виникає так зване оптичне пошкодження,що накладає обмеження на їх використання. В цьому повідомленні приводяться результати дослідження температурної залежності ЯМР релаксації ядер ^{7}Li в цих кристалах,що дозволило з'ясувати особливості механізмів релаксації в цих матеріалах.

Нами було проведено дослідження температурної залежності часу СГР T_1 ядер Li^7 в області середніх температур (170-430К) в чистому та відпаленому у водневому середовищі при температурі близько 1000 С полікристалічних зразках $LiNbO_3$.

В області температур 300-340К була виявлена аномалія в температурній залежності часу T_1 як в чистому, так і в відпаленому кристалах. Причому, як вище, так і нижче вказаного діапазону, релаксація має термоактивований характер з різними активаційними бар`єрами. Виходячи з цього, аномалії в температурній залежності часу СГР можна пояснити перебудовою кристалічної гратки в діапазоні температур 300-340К, що і приводить до зміни активаційного бар`єру для всіх типів ядер, що релаксують.

Були визначені величини активаційних бар`єрів для рухливості ядер $Li^7$ і виявилось, що їх не можна віднести до дифузійних стрибків $Li^7$ , так як вони в декілька разів нижче бар`єрів для стрибків, визначених в роботі [1] та проявляються при температурах вище 500К. Такі малі значення енергії (від 0,04 до 0.11еВ в залежності від діапазону температур і типу кристалу), які ми визначили, на незначне зменшення часу СГР у відпаленому зразку (див. табл.) можливо було б пояснити або впливом наявності парамагнітної домішки, або врахуванням яких-небудь динамічних характеристик.

Таблиця. Час СГР T_1 та енергія активації E_a ядер літію в чистому та відпаленому кристалі ніобату літію.

Кристал	Чистий $LiNbO_3$		Відпалений $LiNbO_3$	
Температурний діапазон	170 - 300 К	350 - 400 К	170 - 300 К	350 - 400 К
T_1, с E_a, еВ	12 – 35 0,036	2 – 10 0,05	3 – 27 0,095	2 – 5 0,11

Але, якщо в відпаленому $LiNbO_3$ замість вакансій кисню, що виникли після відпалення, виникають F^+ або F-центри (один або два електрони у вакансії) і де час релаксації зменшується завдяки виникненню додаткового каналу релаксації завдяки спін-спінової взаємодії,то в чистому ніобаті літію часи СГР досягають 35с, що співпадає і з даними інших авторів[1] по дослідженню СГР в чистих бездомішкових кристалах. Так як механізм взаємодії з парамагнітними домішками або відсутній, або малоефективний, то такі низькі значення енергій активації в досліджуваному інтервалі температур скоріше за все обумовлений тунелюванням ядер літію між двома сусідніми положеннями. При високих температурах (вище 500К), де теплова енергія kT стає

порівняною з висотою бар`єра дифузійного перескоку ядер літію, тунелювання стає другорядним механізмом і перестає проявляти себе.

Так як відпалення ніобату літію проводилося у водневому середовищі , то природнім буде припущення про вплив протонів на механізми релаксації ядер літію. Тим більш, що дослідження ЯМР спектрів в кристалах $LiNbO_3$, які були вирощені в присутності протонних донорів, показали, що протони можуть займати «жорстке» положення в кристалічній гратці, причому експериментальні результати свідчать про відсутність високої рухливості протонів в структурі ніобату літію при температурах, близьких до кімнатної. А так як структурні одиниці у кристалі ніобата літію являють собою октаедри Li_2O_6 та Nb_2O_6, то очевидно, що кожне ядро Li^7 може мати 3 енергетично еквівалентних положення,тобто рухатись в умовах 3-х ямного симетричного потенціалу. У випаленому кристалі така симетрія порушується завдяки утворенню кисневих вакансій, місце яких може займати домішковий протон або будь яке інше його положення в октаедрі.

В результаті усереднена енергія активації ядер літію, визначена по даним температурної залежності часу СГР зростає в низькотемпературній області (170-300К) в 2.6 разів та у високотемпературній області (350-430К) у 2.2 разів. Таким чином, можна стверджувати, що зростання бар`єру переорієнтації літію у трьох-ямному потенціалі обумовлено його асиметричністю. Тобто, практично кожне ядро літію у випаленому кристалі рухається в умовах асиметричного потенціалу.

Механізми спін-граткової ЯМР релаксації ядер H^1 та P^{31} в дігідрофосфаті літія вивчались в роботі [2]. Було визначено, що в межах моделі Бломбергена-Парсела-Паунда, енергії активації для ядер H^1 та H^2 складають значення 0,14 еВ і 0,27еВ, в той час як для P^{31} енергія активації складає 0,34еВ. При вивченні температурної залежності СГР Li^7 в дігідрофосфаті літія нами було виявлено три механізми спін-граткової релаксації, які одночасно впливають на спад збудження спінової системи.

[1] D. Bork and P.N. Heitjans, J. Phys.Chem. B 105, (2001), 9162.
[2] Jin Jung Kweon, Kyu Won Lee, Cheol Lee, Kwang-Sei Lee, Applied Physics Letters, 98, (2011), 262903.

INVESTIGATION OF MECHANISMS OF NMR OF RELAXATION NUCLEARS OF ^{7}Li NUCLEARS IN $LiNbO_3$ AND LITHIUM DIHYDROPHOSPHATE CRYSTALS

E. Chesnokov, I. Vertegel ,A. Ovcharenko, A.Bukivskii, Yu. Gnatenko
Institute of Physics NAS of Ukraine
chesnokov20@ukr.net

The temperature dependence of spin-lattice relaxation time of Li^7 nuclei in the nonimpuring and proton substituted crystals of $LiNbO_3$ has been investigated. In both crystals anomaly in the temperature behaviour of relaxation time in the temperature interval 300 – 340K has been revealed which is connected with the reconstruction of the lattice parameters. The activation energy values which we would defined gives the opportunity to make the conclusion that the dominant relaxation mechanism in the temperature interval under consideration is the tunneling of Li nuclei through the vacancies in the sub lattice. When studying the temperature dependence of spin-lattice relaxation Li^7 in lithium dihydrogen phosphate, we found three mechanisms of spin-lattice relaxation, which simultaneously affect the decline in the excitation of the spin system.

FABRICATION AND RAMAN SPECTRUM OF Ga_2O_3 FILM DEPOSITED ON POROUS SUBSTRATE

O. Sushko[1], M. Derhachov[1], S. Popov[1], V. Kidalov[2], I. Jankowska-Sumara[3]
[1]*Oles Honchar Dnipro National University*
alex242414@gmail.com
[2]*Berdyansk State Pedagogical University*
[3]*Faculty of Mathematics, Physics, and Technical Sciences, Pedagogical University of Cracow, Ul. Podchorążych, 2, 30-084 Kraków, Polska*

Gallium oxide (Ga_2O_3), especially thin films and nanostructures of Ga_2O_3, is widely applied in high-temperature sensors, electronics, luminescent phosphors, antireflection coatings, lithium batteries and solar cells [1].

In the work the Ga_2O_3 thin films were deposited on Si-porous substrates by ion-beam evaporation from a high-purity Ga_2O_3 powder in an oxygen atmosphere. As-deposited amorphous films were thermally annealed at 800 ^{0}C and 900 ^{0}C for two hours. An average thickness of Ga_2O_3 films was defined as no more than 120 nanometers.

Raman spectra of Si-porous substrate, as-deposited and annealed Ga_2O_3 films were measured by using laser spectrometer on the base of double monochromator DFS-12 under a 532 nm DPSS laser excitation in backward scattering geometry.

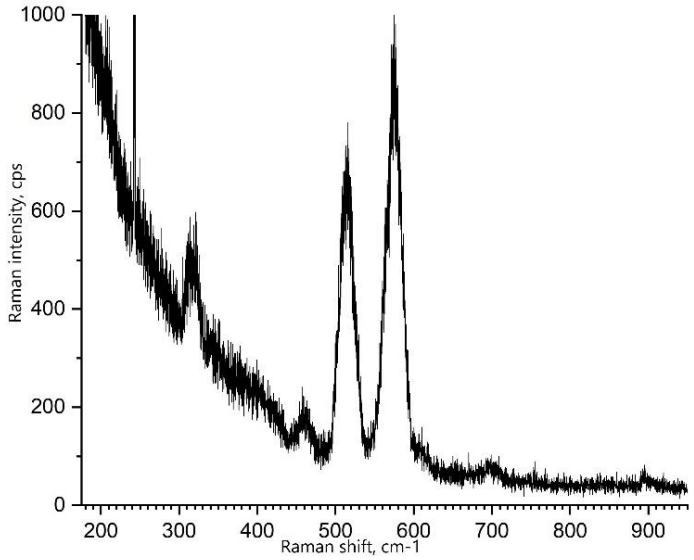


Fig. 1. Raman spectrum of annealed Ga_2O_3 film deposited on Si-porous substrate

Dominant bands in Raman spectrum of the film annealed at 800 ^{0}C (fig. 1) can be assigned to the Si substrate modes (512 and 578 cm^{-1}) and to the SiO_2 mode (315 cm^{-1}). Weak bands at 670 and 892 cm^{-1} and a shoulder at 420 cm^{-1} testify the formation of β-Ga_2O_3 crystalline phase in the film [2].

[1] Pearton S.J., Yang J., Cary P.H., Ren F., Kim J., Tadjer M.J., Mastro M.A. Review of Ga_2O_3 Materials, Processing, and Devices. Appl. Phys. Rev. Vol. 5. (2018). P.011301.
[2] Makeswaran N., Battu A.K., Swadipta R., Manciu F.S., Ramana C.V. Spectroscopic Characterization of the Electronic Structure, Chemical bonding, and Band Gap in Thermally Annealed Polycrystalline Ga_2O_3 Thin Films. ECS J. Solid State Sci. Technol. Vol. 8. (2019). Q3249.

ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ НА МІКРОМАГНІТНІ НЕОДНОРІДНОСТІ ПЛІВОК ФЕРИТОВИХ ГРАНАТІВ

В. Короновський, Ю. Вакула
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
koron@univ.kiev.ua

Протягом багатьох років епітаксійні плівки феритових гранатів (ЕПФГ) є модельним об'єктом у фізиці магнітних явищ. Водночас, розвиток спінтроніки, сенсорної техніки та інших напрямків безпосередньо пов'язаний із використанням ефектів взаємоді електричної та магнітної підсистем у твердому тілі, зокрема з магнітоелектричним (МЕ) ефектом (МЕЕ) [1]. При цьому, саме методи перемагнічування під дією зовнішнього електричного поля представляють найбільший інтерес для прикладного застосування МЕЕ. Суттєва перевага прямого електростатичного впливу на магнітну структуру кристалу над звичними методами спінтроніки, полягає у відсутності необхідності використання електричних струмів для створення магнітного поля.

Одним з елементів доменних структур ЕПФГ є доменна стінка (ДС). Її будова, особливості реакції на зовнішній вплив, в тому числі і на електричне поле, визначають характер динамічної перебудови всієї доменної структури. При цьому важливо враховувати, що ДС в магнітних плівках мають досить складну внутрішню структуру і не є одновимірними. Також інтерес представляють дослідження перехідних магнітних структурних елементів субмікронного просторового масштабу із тривимірним розподілом намагніченості (лінії Блоха (ЛБ) і блохівські точки (БТ)). Тонка структура ДС у вигляді ЛБ і БТ є досить цікавою для магнітного запису інформації.

Раніше ми вже повідомляли про результати наших досліджень проявів МЕ взаємодій у ферит-гранатах з використанням методу оптичної поляриметрії [2,3]. Метод дозволяє вимірювати зміни кута повороту площини поляризації світла (α_{EMO}) в магнітному кристалі під дією електричного поля. Детально наша установка описана в [2]. При цьому нами зазначалось, що особливий інтерес для досліджень представляють області магнітних неоднорідностей, зокрема ДС і прилеглі до них локальні ділянки доменної структури. У даній роботі представлені нові результати подібних досліджень.

Використовуючи високу просторову роздільну здатність нашої установки, ми провели ряд експериментів по дослідженню проявів МЕ ефектів на різних ділянках ДС при фіксованих значеннях електричного поля. При цьому проводилось оптичне сканування окремих локальних ділянок, що охоплюють різні елементи доменної структури (домени обох знаків і розділяючі їх ДС). Напрямок сканування обирався перпендикулярним до обраної ділянки ДС. Товщина досліджуваних плівок вісмут-заміщених ферит-гранатів становила близько 7 і 7,8 мкм. Вирощувались плівки на (111) підкладинці $Gd_3Ga_5O_{12}$ товщиною приблизно 600 мкм. Досліджуваний зразок поміщали між двома тонкими, оптично прозорими електродами, до яких підводилось зовнішнє змінне електричне поле (ω = 920 Гц), орієнтоване перпендикулярно до площини плівки.

На Рис. 1 представлено залежності величини α_{EMO} від положень діафрагми X при оптичному скануванні доменної структури (зміщення зразка щодо лазерного променя) для двох значень електричного поля E. Як видно з Рис.1, при переході від домену **M**↑ до домену **M**↓ (**M**-намагніченість) цілком очікувано змінюється знак ефекту. При цьому, величина α_{EMO} перетворюється в нуль у випадку, коли ДС знаходиться точно по середині "вирізаної" діафрагмою області доменної структури. Це відбувається через взаємну компенсацію вкладів від сусідніх доменів з різним напрямком намагніченості **M**.

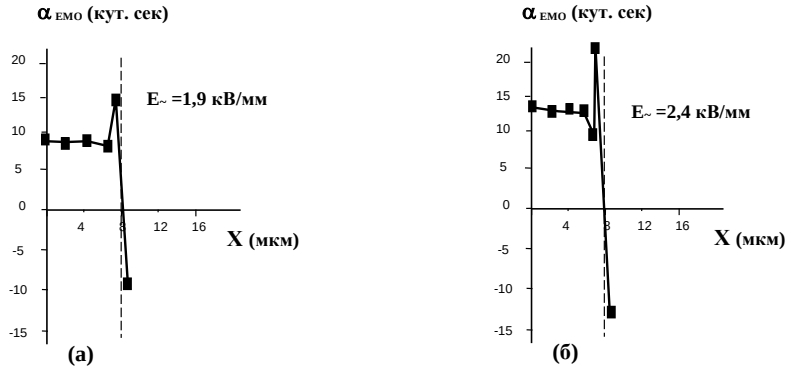


Рис. 1. Залежності величини $\alpha_{ЕМО}$ від положення скануючої діафрагми.

Але, при цьому, як видно з наведених графіків, при оптичному скануванні певних ділянок ДС, були виявлені і деякі аномалії - спостерігалися окремі, локалізовані на малих ділянках ДС області різких змін величини $\alpha_{ЕМО}$, залежні від величини прикладеного електричного поля і не характерні для раніше отриманих результатів подібних досліджень, де спостерігались плавні (без різких піків) зміни знаку ефекту в околі ДС. Такі аномалії магнітооптичного сигналу можуть проявлятися при попаданні лазерного променя на локалізовану область з істотно неоднорідним розподілом намагніченості, що не є характерним для даної області доменної структури. Тобто, це по суті дефект в упорядкованому розподіл намагніченості, суттєво чутливий до зовнішнього електричного поля. На нашу думку, в даному випадку в локальну область лазерного сканування потрапляють вертикальні блохівські лінії (ВБЛ), чутливі до електричного поля і які можуть вносити додатковий внесок в результуючий МЕЕ, тобто проявляють МЕ властивості.

[1] Temuujin Bayaraa, Changsong Xu, Yali Yang, Hongjun Xiang, and L. Bellaiche Magnetic-Domain-Wall-Induced Electrical Polarization in Rare-Earth Iron Garnet Systems: A First-Principles Study. Phys. Rev. Lett. Vol. 125. (2020). P. 067602-067607.
[2] Koronovskyy V.E., Ryabchenko S.M. and Kovalenko V.F. Electromagneto-optical effects on local areas of ferrite-garnet film. Phys. Rev. B. Vol. 71. (2005). P. 172402-172405.
[3] Koronovskyy V.E. and Vakyla Y.A. Sensitivity of domain walls of bismuth-substituted iron garnets to a magneto-electric interactions caused by external complex field influence. J. Appl. Phys. Vol. 118. (2015). P. 184101-1 - 184101-4.

INFLUENCE OF ELECTRIC FIELD ON MICROMAGNETIC INHOMOGENEITIES OF FERRITE GARNET FILMS

V. Koronovskyy, Y. Vakyla
Taras Shevchenko National University of Kyiv
koron@univ.kiev.ua

Method of optical polarimetry was used by us to study the magnetoelectric properties of epitaxial films of ferrite garnets. The effect of sensitivity of the vertical Bloch lines to an influence of external low-frequency electric field was revealed.

РОЗПОДІЛИ ТЕМПЕРАТУРИ В ПЛАСТИНІ СОНЯЧНОГО ФОТОЕЛЕМЕНТА З ЛОКАЛЬНИМ ЕЛЕКТРИЧНИМ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛА

О. Іванченко, О. Тонкошкур
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
IvanchenkoAV@ukr.net

Задача вивчення профілів розподілу температури в пластинах при наявності локальних джерел тепла електричного походження безпосередньо пов'язана із проблемами захисту від перенапруги та запобігання локальних перегрівів ("гарячих плям") для сучасних фотоелектричних перетворювачів сонячних батарей. Слід зазначити, що сучасні перетворювачі відносяться до елементів розподіленого плівкового типу (товщина 0,1-0,2 мм, площа до 15×15 см^2). При зворотних електричних напругах U, що перевищують напругу пробою U_b, це призводить до локального розігріву цієї області, а також до появи теплопередачі Q у суміжні області пластини фотоелемента і, в підсумку, до утворення "гарячої плями" у ньому та деградації. Аналіз цих процесів і є зміст даної роботи. При моделюванні теплопередачі були прийняті наступні наближення.

1. Сонячний елемент має форму тонкого диска радіуса r_0, що дозволяє використовувати полярну систему координат.

2. Розсіювання теплової енергії в навколишній простір описується рівнянням Ньютона-Ріхмана.

3. Залежність зворотного опору p-n-переходу фотоелемента одиничної площі $\rho_{p\text{-}n}(T)$ можна апроксимувати виразом

$$\rho_{p-n}(T) = \rho_{p-n}(T_0)\exp\left[-\frac{\Delta E_g}{nkT}\left(\frac{1}{T_0}-\frac{1}{T}\right)\right], \tag{1}$$

де ΔE_g – ширина забороненої зони напівпровідника фотогальванічного елемента (Si); k – постійна Больцмана; n – поправочний коефіцієнт для визначення енергії активації розглянутої температурної залежності, що визначають експериментальним шляхом.

Електрична потужність, яка витрачалася на нагрівання визначалася виразом

$$p_{p-n}(T, r_s) = \frac{E^2 R_{p-n}(T, r_s)}{\left[R_{p-n}(T, r_s) + R_E\right]^2}, \tag{2}$$

де E – зворотна електрична напруга, яка прикладається до p-n-переходу сонячного фотоелемента; $R_{p\text{-}n}(T, r_s) = \rho_{p\text{-}n}(T)\cdot d / (\pi r_s^2)$ – електричний опір джерела тепла; R_E – внутрішній опір джерела перенапруги E; d та r_s – товщина пластини та радіус каналу протікання струму розігріву.

4. Залежність інтенсивності лінійного джерела тепла від координати описується

$$f(r, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right). \tag{3}$$

Величина параметра σ визначалася з умови, що ширина джерела тепла визначається відстанню $r = r_s$ на рівні 0,5 від максимального значення функції $f(0,\sigma)$, тобто, шляхом розв'язання рівняння $f(r_s,\sigma)/f(0,\sigma) = 0{,}5$.

Кінетика утворення області локального джоулева нагріву в пластині сонячного фотоелемента може бути описана рівнянням теплопровідності, усередненим по товщині плівки, що у полярній системі координат з урахуванням осьової симетрії для частини пластини кільцевої форми товщиною d і радіусами $[r, r + \Delta r]$ (з торцевою площею $2\pi rd$) можна записати

$$\frac{\partial u(r,t)}{\partial t} = \frac{k}{\rho \cdot C}\left[\frac{\partial^2 u(r,t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u(r,t)}{\partial r}\right] + \frac{p[u(r,t),r_s]}{\rho \cdot C \cdot d} f(r,\sigma) - \frac{2h_z[u(r,t)-T_0]}{\rho \cdot C \cdot d}, \quad (4)$$

де r – точка в площині пластини; ρ, C, k та h_z – густина, питомі теплоємність, теплопровідність і коефіцієнт теплообміну одиниці поверхні пластини з навколишнім середовищем.

Розглянута задача має осьову симетрію. Гранична умова для неї може бути записана з використанням закону Ньютона-Ріхмана для торцевої поверхні пластини, що відповідно до прийнятих наближень мають кругову форму

$$\frac{\partial u(r_0,t)}{\partial r} = h_r[u(r_0,t) - T_0], \quad (5)$$

де h_r – коефіцієнт теплообміну одиниці торцевої поверхні пластини з навколишнім середовищем. Початкова умова має вигляд $u(r,0)=T_0$.

Розв'язання задачі (4)–(5) виконувалося чисельним методом з використанням вбудованої бібліотечної програми **pdesolve** пакета Mathcad. На рис. 1 наведені профілі розподілу температури уздовж координати r. При моделюванні прийняті наступні типові значення питомої теплоємності C = 0,7 Вт·с/(г·К), густини ρ = 2,328 г/см^3, товщини d = 0,01 см і лінійного розміру (радіуса) r_0 = 10 см пластини сонячного кремнієвого фотоелемента. Температура навколишнього середовища T_0 прийнята рівною 300 К.

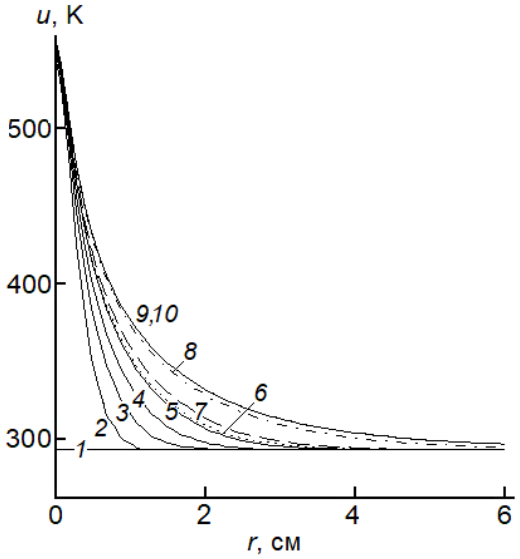


Рис. 1. Розподіл температури уздовж координати *r* в пластині сонячного фотоелемента після прикладення електричної перенапруги 20 В у моменти часу *t*, с: *1* – 0; *2* – 0,2; *3* – 0,5; *4* – 1; *5* – 2; *6* – 2,25; *7* – 3; *8* – 10; *9* – 50; *10* – 100

Спочатку із часом температура джерела тепла (точка r = 0) і ширина області локального нагріву збільшуються. Через проміжок часу порядку 10 с розподіл температури стабілізується і, таким чином, фіксуються максимальна температура (у точці r = 0) та розміри області локального розігріву.

При перенапрузі 20 В амплітудне значення температури чимале (~700 К), і таким чином, імовірність виникнення теплового пробою зворотно включеного p-n-переходу сонячного фотоелемента велика.

TEMPERATURE DISTRIBUTIONS IN THE PLATE OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC CELL WITH A LOCAL ELECTRIC HEAT SOURCE

A. Ivanchenko, A. Tonkoshkur
Oles Honchar Dnipro National University
IvanchenkoAV@ukr.net

The model is proposed and the results of modeling the temperature distribution in the plates of solar cells in the presence of local heat sources of electrical origin are given in the work. It is established that the temperature of the heat source and the width of the local heating region increase with time. The temperature distribution is stabilized after a time interval of the order of 10 s and, thus, the maximum temperature and dimensions of the local heating region are fixed.

СТРУКТУРНІ ТА СУБСТРУКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОКРИСТАЛІВ І ПЛІВОК ZnO ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У СОНЯЧНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

О. Доброжан, С. Кахерський, Р. Пшеничний, А. Опанасюк
Сумський державний університет
s.kacherski@ekt.sumdu.edu.ua, dobrozhan.a@gmail.com

Серед матеріалів, які використовуються для створення віконних шарів тонкоплівкових перетворювачів сонячної енергії, широкого поширення набула напівпровідникова сполука ZnO, яка характеризується унікальними фізико-хімічними властивостями для застосування в фотовольтаїці. До них відносяться: велика ширина забороненої зони, прозорість у видимій області спектра, екологічність, висока термічна і хімічна стабільність.

Для нанесення плівок оксиду цинку в останній час почали використовувати дешеві та безвакуумні хімічні технології: 2D, 3D друк та спрей-метод. Для отримання плівок цими методами необхідно розробити спеціальні наночорнила на основі суспензії нанокристалів напівпровідникових сполук у екологічно безпечних розчинниках. У цій роботі досліджені структурні та субструктурні характеристики плівок ZnO, нанесених розпиленням наночорнил на основі частинок ZnO та характеристики самих цих наночастинок. Наночорнила отримували змішуючи синтезовані нанокристали з гліколями у воді.

Наночастинки ZnO були одержані методом хімічного поліольного синтезу. Для цього 8,8 мл подвійного гідрату ацетату цинку, 40 мл етиленгліколю, 1,76 мл полівінілпіролідону, нагрівали до температури 160 °C (швидкість нагріву складала 16 °C/хв.) і витримували протягом 180 хв. Під час цієї витримки відбиралися кристали з різним часом росту: 30, 60, 120 та 180 хв.

Структурні та субструктурні властивості нанокристалів та плівок ZnO визначали методом рентгенографії у діапазоні кутів 2θ = 30-80° з використанням дифрактометру DRON-4 та Cu-K$_\alpha$ випромінювання (λ = 0,15406 нм) при таких параметрах роботи рентгенівської трубки: 40 кВ, 20 мА Як доповнення для визначення фазового складу зразків було застосовано методику дифракційного аналізу (електронографія) та просвічувальну електронну мікроскопію(TEM 125K).

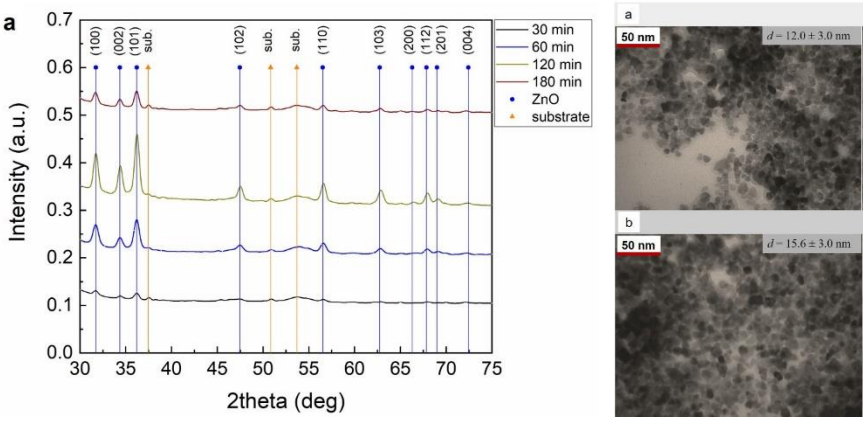


Рис. 1. Рентгенограми та ПЕМ зображення нанокристалів ZnO синтезованих при різному часі росту

Ренгеноструктурний аналіз показав, що синтезовані нанокристали ZnO мали однофазну структуру з гексагональною формою гратки. Вторинні фази при цьому виявлені не були.

Аналіз інтенсивності та напівширини дифракційних піків від оксиду цинку на дифрактограмах показав, що зі збільшенням часу росту нанокристалів їх якість покращується у часовому діапазоні t_g = (30-120) хв, однак вона погіршується при t_g > 120 хв. Це можна пояснити тим фактом, що зі збільшенням часу росту нанокристали входять у режим дозрівання Оствальда, при якому атоми десорбуються з поверхні кристала. Таким чином, розміри нанокристалів зменшуються і виникають нові поверхневі дефекти. Це призводить до переважного зменшення розміру нанокристалів однієї фракції, при незначному збільшенні розміру іншої, і, отже, зменшення середнього розміру нанокристалів.

Встановлено, що зі збільшенням часу росту нанокристалів їх розмір спочатку збільшується від 12,0 ± 3,0 нм (t_g = 30 хв) до 17,3 ± 3,0 нм (t_g = 120 хв), а потім зменшується до 12,5 ± 3,0 нм (t_g = 180 хв). Вивчення електронограм дало можливість встановити, що незалежно від часу росту, синтезовані нанокристали є однофазними, що підтверджує результати рентгеноструктурних досліджень, описаних вище. Крім того, показано, що розмір нанокристалів, отриманих методом ПЕМ, досить добре корелює з даними розрахунків за формулою Шеррера розмірів областей когерентного розсіювання у частинках.

Отримані плівки ZnO були однофазними і містили нанокристали розташовані в органічній матриці. Вміст органіки в шарах зменшувався із збільшенням температури та часу їх відпалу.

Плівки та нанокристали ZnO одержані та досліджені в цій роботі мають характеристики, що роблять їх придатними для використання у сонячній енергетиці для створення сонячних елементів третього покоління.

THE STUDY OF STRUCTURAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF ZNO NANOCRYSTALS AND FILMS FOR APPLICATION IN SOLAR ENGINEERING

O. Dobrozhan, S. Kakherskyi, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk
Sumy State University
s.kacherski@ekt.sumdu.edu.ua, dobrozhan.a@gmail.com

In this work, ZnO nanocrystals were obtained by polyol synthesis method containing nanocrystals synthesized by polyol method. We studied the effect of ZnO nanocrystals growth time on the structural, substructural, and chemical properties.

It was found that synthesized ZnO nanocrystals had single-phase and changed its size in the range of d = (12-17) ± 3 nm depending on the growth time t_g = (30-180) min. It was shown that the crystals turn into Ostwald ripening growth regime after t_g = 120 min. It was found that lattice parameters of ZnO nanocrystals changed with time/temperature in the range of a_{ZnO} = (0.32454-0.32588) nm, c_{ZnO} = (0.52105-0.52221) nm, c/a_{ZnO} = (1.6000-1.6080) and were close to the stoichiometric values. Structural and substructural properties of ZnO nanocrystals and films have been improved with increasing growth time t_g and annealing time T_a. The studied ZnO films possess properties suitable for application in the 3d generation solar cells.

THE ELECTROWEAK PHASE TRANSITION IN THE MAGNETIZED QUARK-GLUON PLASMA

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 Minimal Standard Model (MSM) of elementary particles for the masses of Higgs boson less then 75 GeV EWPT is first order. For grater mass it is second order one. Experimental data is $m_H = 125 GeV$. 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.

Another important properties of nonabelian gauge fields at high temperature is a spontaneous vacuum magnetization. It is closely related with asymptotic freedom, which happens due to a large magnetic moment of charged color gluons. In fact, asymptotic freedom at high temperature is always accompanied by the background stable, temperature dependent and long range chromomagnetic fields [2].

The magnetization phenomenon was investigated in detail in $SU(3)$ gluodynamics and supersymmetric theories by analytic methods and in $SU(2)$ gluodynamics by the Monte-Carlo simulations on a lattice. In all these cases the spontaneous creation of magnetic fields has been detected.

We have shown that due to the vacuum polarization of quark fields by the color magnetic fields B_3 and B_8, existed in the QGP after the DPT the usual magnetic field H can be generated for temperatures $T_d < T < T_{EWPT}$. The field H is temperature dependent and occupying a large plasma volume as the fields B_3 and B_8.

We investigate the influence to $EWPT$ of the magnetic and chromomagnetic spontaneously created after DPT. The magnetic fields could realize the Sakharov conditions in MSM and change the behavior of phase transitions as in the superconductivity. The proper time representation is used. The one-loop plus daisy diagrams effective potential of external fields $V(\phi, B_3, B_8, H, T)$ accounting for the gluons and all quark flavors at finite temperature is calculated. This field configuration is stable due to the daisy diagram contributions which cancel the imaginary terms presenting in the one-loop effective potential of charged gluons. To estimate the field strengths the asymptotic high temperature expansion, derived by Mellin's transformation technique, is applied.

We have demonstrated that EWPT in MSM has critical temperature near 360 GeV and nonzero magnetic and chromomagnetic fields should be spontaneously generated too. It illustrate that phase transition is second type and Sakharov's conditions are not satisfied. So even with magnetic and chromomagnetic fields the phase transition is second order [3].

[1] Sakharov A.D. Violation of CP invariance, C asymmetry and baryon asymmetry of Universe JETP Lett, Vol. 5. No 24. (1967)
[2] Skalozub V. V. Effective coupling constants in gauge theories at high temperature, Int. J. Mod. Phys. A Vol.11, (1996) p. 5643–5657
[3] Minaiev P., Skalozub V. The electroweak phase transition in a spontaneously magnetized plasma, Ukr. Phys. J., Vol. 64, No 8, (2019) p. 706

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ФОТОЧУТЛИВИХ ГЕТЕРОСТРУКТУР *n*-SnS_2/*p*-InSe, ВИГОТОВЛЕНИХ МЕТОДОМ СПРЕЙ-ПІРОЛІЗУ

І. Ткачук[1], І. Орлецький[2], З. Ковалюк[1]
[1]*Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, Чернівецьке відділення*
[2]*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*
ivan.tkachuk.1993@gmail.com

В даний час гетеропереходи на основі тонких плівок є досить цікавими з точки зору виготовлення нових гетеро структур. Тонкі плівки сульфідів олова (SnS, SnS_2, Sn_2S_3) характеризуються різним фазовим складом, який визначає їх основні фізичні властивості. Плівки дисульфіду олова SnS_2 з шириною забороненої зони $E_g \approx 2{,}45$еВ придатні для виготовлення фронтального шару фотоприймачів на основі гетеропереходів. Плівка SnS_2 містить хімічні елементи Sn і S, які широко розповсюджені, мають невисоку собівартість і малотоксичні.

Моноселенід індію InSe за значенням ширини забороненої зони E_g = 1.2 еВ відноситься до придатних матеріалів для фотоелектричного перетворення енергії в наземних умовах. Шарувата структура кристалів InSe зі слабким Ван-дер-Ваальсівським зв'язком обумовлює зручність у виготовленні підкладок для гетероструктур і позбавляє операцій різання злитків на пластини та їх механічної і хімічної обробки. З використанням селеніду індію створені фоточутливі і діодні структури різних типів.При виготовленні плівок дисульфіду олова віддають перевагу низьковартнісним невакуумним методам спей-піролізу хімічних розчинів солей Sn і S , спін-коутінгу органічних розчинників , CBD-методу. Дані методи забезпечують необхідні режими осадження плівок сульфідів з потрібними фізичними властивостями.

Для одержання структур *n*-SnS_2/*p*-InSe використовували вирощені методом Бріджмена кристали селеніду індію *p*-типу провідності. Для діркової електропровідності здійснювалося легування домішкою Cd (0.1 % за масою). За даними дослідження ефекту Холла концентрація носіїв заряду становила $p \approx 10^{14}$ cm^{-3} і їх рухливість перпендикулярно до вісі симетрії C в InSe при температурі 295 K дорівнювала $\mu_{pH} \approx 50$ cm^2/(V·s).

Гетеротруктури *n*-SnS_2/*p*-InSe виготовлялися нанесенням плівок SnS_2 товщиною ~ 0.3 – 0.4 μm на поверхню нагрітих до температури T_S = 350 ºC підкладок *p*-InSe методом спрей-піролізу за атмосферного тиску 0.1 M водних розчинів солей tin(IV) chloride pentahydrate $SnCl_4 \cdot 5H_2O$ і thiourea $(NH_2)_2CS$. При піролізі формується бінарна сполука дисульфіду олова SnS_2 *n*-типу з електропровідністю $\sigma \approx 3 \cdot 10^{-1}$ $\Omega^{-1} \cdot$cm^{-1} та шириною забороненої зони E_g = 2.4 eV . З врахуванням невисокої рухливості електронів у полікристалічних плівках $\mu = 2.43 \cdot 10^{-3}$ cm$^2 \cdot$V$^{-1} \cdot$s^{-1} концентрація вільних носіїв заряду у плівках SnS_2 становить $n \approx 2.7 \cdot 10^{17}$ cm^{-3}.

Дослідження *I*-*V*-характеристик в інтервалі напруг -3 V < *V* < 3 V при температурах від *T* = 243 K до *T* = 333 K вказували на здатність гетероструктури *n*-SnS_2/*p*-InSe випрямляти струм (рис. 1). Пряме зміщення гетеропереходу відповідало прикладанню позитивного потенціалу до базової області *p*-InSe, зворотне зміщення – позитивному потенціалу на плівці *n*-SnS_2.

Струм у базовій області *p*-InSe гетероструктури *n*-SnS_2/*p*-InSe протікає у перпендикулярному напрямку відносно площини шарів кристалу. Це обумовлює виникнення у структурі значного послідовного опору R_s. При прямому зміщенні, внаслідок зменшення опору електричного переходу вся зовнішня напруга, починаючи з певного значення, прикладається до високоомної базової області *p*-InSe. При збільшенні температури зменшується опір базової області *p*-InSe і для виникнення достатньої напруженості електричного поля space charge limit області необхідна більша пряма напруга. На *I*-*V*-характеристиках гетероструктури *n*-SnS_2/*p*-InSe при *T* = 333 K space

charge limit спостерігається при більшому прямому зміщенні $V > 1.6$ V. У області менших прямих напруг, при яких у координатах $lnI = f(lnV)$ значення $m = 1.6 – 1.7$, механізми формування прямого струму визначаються енергетичним бар'єром на гетеропереході n-SnS_2/p-InSe.

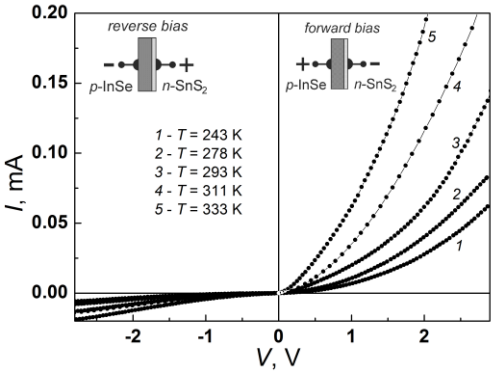


Рис1. *I-V*-характеристики гетероструктури *n*-SnS_2/*p*-InSe в температурному діапазоні від *T* =243 K до *T* = 333 K

Для з'ясування механізму утворення прямого струму крізь енергетичний бар'єр гетеропереходу n-SnS_2/p-InSe проводився аналіз I-V-характеристики у координатах $lnI = f(V)$ у діапазоні напруг $3kT/q < V < 1.6$ V. В температурному інтервалі $T = 243 – 333$ K залежності $lnI = f(V)$ характеризуються незалежним від температури нахилом $d(lnI)/dV$. Коефіцієнт неідеальності змінювався в межах $3.5 < A < 20$. Високі значення A у подібних до досліджуваних структур гетеропереходах p-Ge/n-Si ($A = 24.9 – 29.4$) є результатом тунельного або тунельно-рекомбінаційного механізмів протікання носіїв заряду крізь бар'єр. З даних досліджень було встановлено, що при прямих зміщеннях $V < 0.6$ V ($T \approx 290$ K) основним механізмом проходження струму є тунелювання електронів з дна зони провідності n-SnS_2 крізь бар'єр на стани у забороненій області p-InSe з наступною рекомбінацією з дірками валентної зони. Швидкість наростання з тунельного струму від напруги при підвищені температури збільшується через зростання концентрації електронів у зоні провідності n-SnS_2. При прямих напругах $V > 0.6$ V ($T \approx 290$ K) спад зовнішньої напруги зосереджується на високоомній базовій області p-InSe і реалізується механізм space charge limit. При підвищенні температури напруга прояву space charge limit збільшується до $V = 1.6$ V ($T \approx 330$ K). Зворотний струм у діапазоні досліджуваних напруг $– 3$ V $< V < 0$ V у гетероструктурі n-SnS_2/p-InSe формується тунелюванням електронів з дна зони провідності і енергетичних станів забороненої зони $E_{C2} – E_F = 0.3 – 0.4$ eV p-InSe у зону провідності n-SnS_2 крізь енергетичний бар'єр утворений In_2Se_3.

ELECTRICAL PROPERTIES OF PHOTOSENSITIVE n-SnS_2/p-InSe HETEROSTRUCTURES MANUFACTURED BY SPRAY-PYROLYSIS METHOD

I. Tkachuk[1], I. Orletsky[2], Z. Kovalyuk[1]
[1]*Institute of Materials Science named after I.M. Frantsevich National Academy of Sciences of Ukraine, Chernivtsi Department*
[2]*Yurii Fedkovych National University of Chernivtsi*
ivan.tkachuk.1993@gmail.com

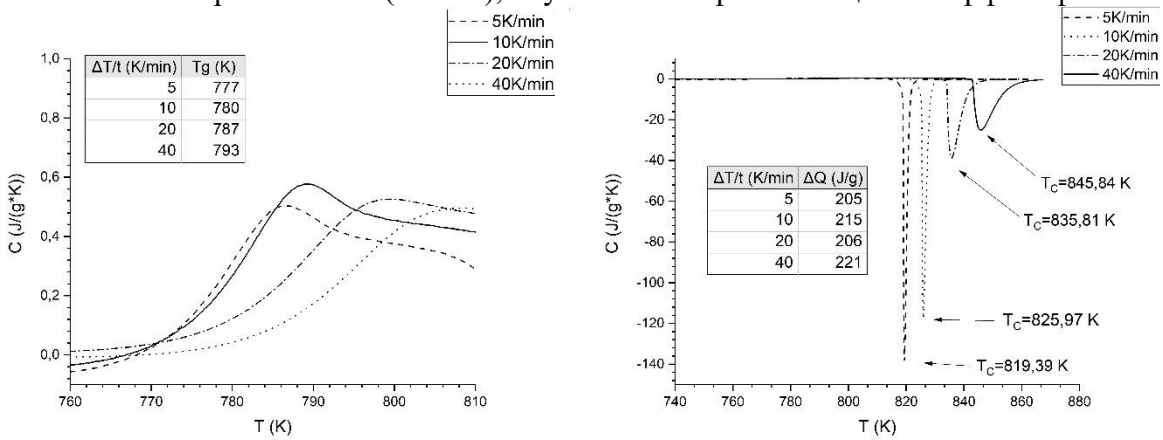
The conditions for the production of SnS_2 thin films on p-InSe crystal substrates by photosensitive anisotypic anisotypic n-SnS_2/p-InSe heterojunctions by the method of spray pyrolysis have been studied. According to the analysis of temperature dependences of direct and inverse I-V characteristics, the energy parameters of the heterojunction and the mechanisms of current formation in the heterostructure are determined.

КРИСТАЛІЗАЦІЯ СКЛА ЛІТІЙ-НАТРІЄВОГО ТЕТРАГЕРМАНАТУ

Є. Скрипнік[1], І. Янковська-Сумара[2], М. Трубіцин[1]
[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
[2]*Педагогічний університет ім. Комісії національної освіти у Кракові*
zhenya.skripnik.1997.2@gmail.com

Іонна провідність в монокристалах літій-натрієвого тетрагерманату $LiNaGe_4O_9$ (LNG) раніше досліджувалася в [1, 2]. Викликає інтерес отримати скло та скло-кераміку на основі LNG і дослідити їх електричні властивості. Роботу присвячено вивченню процесу кристалізації скла LNG при нагріванні методом диференціальної сканувальної калориметрії (ДСК).

Температурні залежності питомої теплоємності C(T), отримані при нагріванні скла LNG, представлено на Рис.1. Нагрівання проводилося з різними швидкостями, що вказані на рисунку. На Рис.1а спостерігається типова аномалія теплоємності, що обумовлена початком процесу розстеклування. Вище піка на 40-50 К видний інтенсивний екзотермічний пік (Рис.1б), обумовлений кристалізацією аморфної фази.



а **б**

Рис.1 – Залежності теплоємності від температури при нагріванні скла LNG з різними швидкостями: а – область розстеклування; б – кристалізація скла.

Температури розстеклування T_g та виділену енергію ΔQ, отримані для різних швидкостей нагріву, представлено у таблицях на Рис. 1а та Рис. 1б відповідно.

[1] Volnianskii M.D., et al, Ferroelectrics, 443, 16 (2013).
[2] Volnyanskii M.D., et al, Phys. Sol. State, 56, 6, 1101 (2014).

DEVITRIFICATION OF LNG GLASS

Y. Skrypnik[1], I. Jankowska-Sumara[2], M. Trybitsyn[1]
[1]*Oles Honchar Dnipro National University*
[2]*Pedagogical University, Krakow*

Devitrififcation of $LiNaGe_4O_9$ (LNG) glass was studied during heating by the means of differential scanning calorimetry (DSC). Temperature dependences of specific heat for different heating speeds were plotted and the glass transition temperatures (T_g) were found.

КООРДИНАТНО-ЧУТЛИВИЙ ФОТОДІОД ШОТТКІ НА ОСНОВІ РАДІАЦІЙНОСТІЙКОГО НАПІВПРОВІДНИКА $In_2Hg_3Te_6$

О. Галочкін[1], А. Ащеулов[1], Ю. Ушенко[1], С. Дремлюженко[1], О. Галочкіна[2]

[1]*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

[2]*Чернівецький торговельно-економічний інститут КНТЕУ*

kkn@chnu.edu.ua

Пошук сучасних матеріалів напівпровідникової мікроелектроніки з високою радіаційною стійкістю вимагає нових підходів та створює неабиякі виклики для приладів, що повинні працювати в «жорстких» умовах радіаційного випромінювання. Швидка деградація матеріалів, з яких виготовлено прилад, ставить іноді перед конструкторами та вченими-кристалографами нерозв'язувані задачі. Умова використання в приладі радіаційностікого напівпровідника не є достатньою, адже під дією радіації деградують усі інші складові приладів: діелектричні матеріали, електричні контакти, контактні площадки тощо.

В роботі наведена конструкція координатно-чутливого радіаційностійкого фотодіоду Шотткі (ФДШ), який створений на основі напівпровідника $In_2Hg_3Te_6$ n-типу провідності. Бар'єр Шотткі утворений напиленням на напівпровідниковий зразок оптично-прозорого металевого шару хрому (Cr) [1]. Цей метал володіє потрібною стійкістю до зовнішнього радіаційного впливу і тривалий час не змінює своїх характеристик під дією радіаційного випромінювання. Кристали радіаційностійкого $In_2Hg_3Te_6$ одержували методом модифікованої зонної плавки [2]. Обертання ампули під кутом до горизонту та неперервне перемішування розплаву біля фронту кристалізації дозволяє виключити явище гравітаційної сегрегації молекул телуриду ртуті. Вирощені цим методом кристали $In_2Hg_3Te_6$ володіють високою радіальною однорідністю складу по усьому об'єму.

Нанесення шару Cr на фронтальну грань зразка $In_2Hg_3Te_6$ проводилось методом термічного напилення в установці УВН 71П3 з постійним контролем товщини напиленого шару, яка на різних зразках варіювалась в діапазоні 100-150 Å. Нижня грань напівпровідникового зразка формувалась у вигляді матриці виступів, на які нанесені контактні площадки з In. Кількість виступів n дорівнює 16, площа - 1,5×1,5 мм^2. Виступи розділені канавками розмірами 10,0×1,0×0,3 мм^3. Така конструкція дає можливість забезпечити координатну чутливість фотодіода Шотткі (Рис. 1).

Матриця з виступами формувалась методами фотолітографії та подальшого хімічного травлення нижньої грані пластини 4. Омічні шари 2 та 5 створювались методом термічного напилення In за допомогою молібденових (Mo) масок.

З'єднання електровиводів 10 з омічними шарами 2 здійснювалось за допомогою відповідних електрокомутуючих шарів 6 та Au-провідників 1. Електровиводи 10 з склопереходами 9 кріпились до корпусу ФДШ методом термічної пайки.

Запропонований пристрій працює наступним чином. Випромінювання, що реєструється, густиною *q (x,y)* падає на верхню фронтальну грань ФДШ, проходить через оптично-прозорий бар'єрний шар 3 та поглинається об'ємом пластини 4, генерує в її об'ємі електронно-діркові пари. В залежності від режиму включення ФДШ – фотовальтаїчного чи фотодіодного – ці електронно-діркові пари викликають відповідні зміни величин фото-ЕРС або оберненого струму. Оскільки кількість генерованих електронно-діркових пар прямо пропорційна величині густини *q (x,y),* то визначення

величин фото-ЕРС або оберненого струму дозволяє отримати однозначну картину розподілу поперечного перерізу випромінення, що реєструється.

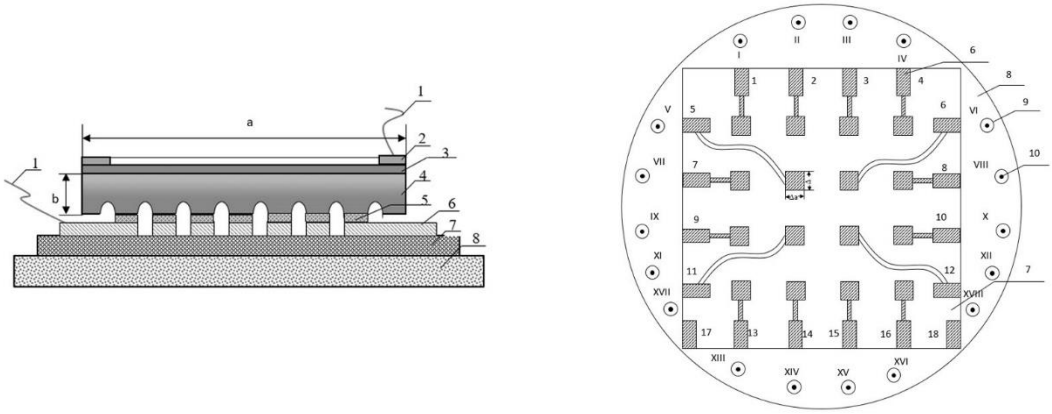


Рис. 1. Конструкція фотодіода Шотткі (1-електроди, 2-контакти, 3-шар Cr, 4-монокристалічна пластина $In_2Hg_3Te_6$, 5-омічнні контакти, 6-струмопровідний шар, 7- керамічна пластиназ з AlN; 8- основа корпусу, 9- склопереходи, 10-електровиводи

Експериментальні дослідження створених пристроїв проводились по стандартним методикам. Результати вимірів показали, що спектральна чутливість цих ФДШ знаходиться в діапазоні довжин хвиль 0,75-1,6 мкм, а чутливість s одиничного елементу ФДШ на довжині хвилі λ=1,55 мкм при цьому складала s=0,76 А/Вт. Величина оберненого струму $I_{об.т.}$ в темновому режимі дорівнювала 8-10 нА. Розкид цих параметрів по площі ФДШ не перевищував 5%.

Випробування радіаційної стійкості таких ФДШ показали, що вони витримують дію γ-радіації з дозою 10^8 бер. Їх чутливість при цьому знижується на 4-6%.

[1] А.А. Ащеулов, А.В. Галочкин, И.С. Романюк, С.Г. Дремлюженко. Радиационностойкая фотоструктура на основе $Cr/In_2Hg_3Te_6$ для диода Шоттки. ТКЭА. № 2-3. (2016). С. 3-7.

[2] О.В. Галочкін , С.Г. Дремлюженко , З.І. Захарук , В.М. Склярчук , В.З. Цалий , А.А. Ащеулов Одержання однорідних кристалів ртутно-індієвого телуриду. Фізика і хімія твердого тіла. №1. (2016). С. 129-134.

COORDINATE-SENSITIVE SCHOTTKY PHOTODIODE BASED ON RADIATION RESISTANT $In_2Hg_3Te_6$ SEMICONDUCTOR

O. Galochkin [1], A. Asheulov [1], Yu. Ushenko[1], S. Dremlyuzhenko[1], O.Galochkina[2]

[1]*Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University*

[2]*Chernivtsi Institute of Trade and Economics of KNTEU*

kkn@chnu.edu.ua

The new coordinate-sensitive schottky photodiodes based on $In_2Hg_3Te_6$ semiconductor are obtained. The diodes are characterized by high radiation resistance (10^8 ber), their spectral sensitivity varies between 0.75 and 1.6 μm, and the sensitivity *s* of a single element at a wavelength λ = 1.55 μm is *s* = 0.76 A / W. The value of the reverse current in the dark mode is I_{rev}.= 8-10 nA.

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ НА ПАРАМЕТР АНІЗОТРОПІЇ ТЕРМОЕРС НИЗЬКООМНИХ КРИСТАЛІВ КРЕМНІЮ

Г. Гайдар
Інститут ядерних досліджень НАН України
gaydar@kinr.kiev.ua

Виробництво сучасних твердотільних електронних приладів пов'язано з необхідністю використання відпалів пластин, на основі яких створюються ці прилади. Такі відпали напівпровідникового матеріалу впливають на його електрофізичні параметри, в зв'язку з чим кристал, на основі якого зроблено прилад, істотно відрізняється за своїми параметрами від вихідного матеріалу.

Мета роботи – встановлення особливостей впливу швидкості охолодження (після різних відпалів) на зміну термоелектричних властивостей кристалів кремнію зі значною концентрацією домішки фосфору.

Експерименти проводили на кристалах *n*-Si ⟨P⟩ з питомим опором $\rho_{300K} \approx 0{,}33$ Ом·см, вирощених у напрямку [001] за методом Чохральського. Використано високотемпературний (ВТ) (1473 K; 2 год) і низькотемпературний (НТ) (773 K; 2 год) відпали. Кристали охолоджували від температури відпалу до кімнатної з різними швидкостями $\nu_{охол}$, K/хв: 1, 3, 8, 15, 30 і 1000. Усі зразки *n*-Si спочатку досліджували методом ефекту Холла. Виявилося, що як після ВТ, так і після НТ обробок кристалів (при всіх досліджених $\nu_{охол}$) значення питомого опору ρ, концентрації носіїв n_e та їх рухливості μ виявилися досить близькими до вихідних даних. Дані з тензоопору $\rho_X = f(X)$ (виміряні за умов $\vec{X} \parallel \vec{j} \parallel [001]$, $X \geq 0{,}6$ ГПа і $T = 77$K, X – механічне напруження стиску, j – струм), як показав експеримент, виражені єдиною залежністю для вихідного і термічно оброблених кристалів, що свідчить про недостатню роздільну здатність цього методу для виявлення відмінностей, зумовлених змінами в умовах термообробки. Тому для досягнення поставленої мети доцільно було скористатися методом вивчення термоерс і тензотермоерс, який характеризується підвищеною чутливістю до мікронедосконалостей в об'ємі кристалів. Для цього на всіх зразках при $T = 85$ K (тобто в області захоплення електронів фононами) виміряно залежності тензотермоерс $\alpha_X = \varphi(X)$ за умов $\vec{X} \parallel \nabla T \parallel [001]$, $X \geq 0{,}6$ ГПа. На відміну від даних з тензоопору, виражених єдиною кривою для всіх зразків, значення тензотермоерс в області насичення виявилися залежними як від умов термообробки, так і від умов охолодження: будь-який відпал призводить до зниження значення тензотермоерс в області насичення. Однак у разі заданих умов термообробки це зниження є тим меншим, чим нижча швидкість охолодження кристала.

Значення параметра анізотропії рухливості K отримано за експериментально вимірюваними даними тензоопору з використанням виразу [1]

$$K = 1{,}5 \cdot \left(\rho_{\infty}^{[001]} / \rho_0 \right) - 0{,}5, \tag{1}$$

де ρ_0, $\rho_{\infty}^{[001]}$ – питомий опір недеформованого і одновісно пружно деформованого кристала *n*-Si у напрямку [001]; ρ_∞ відповідає області насичення функції $\rho_X = f(X)$. За виміряним значенням тензоопору в області насичення (спільним для всіх кристалів, як

показав експеримент) $\rho_\infty/\rho_0 = 2{,}53$, беручи до уваги вираз (1), знаходимо параметр анізотропії рухливості $K \approx 3{,}3$. Параметр анізотропії термоерс знаходимо з виразу [1]

$$M = \frac{2K}{(2K+1)\dfrac{\alpha_0 - \alpha^e}{\alpha_\infty - \alpha^e} - 1} = \frac{2K}{(2K+1)\dfrac{\alpha_0^\phi}{\alpha_\infty^\phi} - 1} \quad . \qquad (2)$$

Віднімаючи від експериментально виміряних значень термоерс недеформованого α_0 і пружно деформованого зразка α_∞ дифузійну складову α^e, яка практично не залежить від тиску, з виразу (2) знайдемо значення M як для вихідного кристала ($M_{\text{вихід}} = 5{,}6$), так і для зразків, які пройшли термообробку з подальшим охолодженням. Якщо отримані дані для зразків після ВТ і НТ відпалів представити на рисунку в напівлогарифмічному масштабі, то одержимо екстремум функції $M = M\,(\lg\nu_{\text{охол}})$ в околі 10–15 К/хв.

Розрахунок, проведений авторами [2] у процесі аналізу питання про надпастки в кремнієвих польових транзисторах, показав, що виділена швидкість охолодження кристалів кремнію від $T_{\max}$ до $T_{\min}$ (яка залежить, природно, від коефіцієнта дифузії "шумової" домішки і щільності дефектів у кристалі) становить за порядком величини 20 К/хв, що узгоджується з результатами відповідних експериментів. Тому можна сподіватися, що встановлена особливість функції $M = M\,(\nu_{\text{охол}})$, якщо її пов'язати з іншими параметрами кремнієвих кристалів, виявиться практично корисною у ході розробки конкретних операцій, пов'язаних із необхідністю прогріву та охолодження кристалів.

[1] Gaidar G.P., Baranskii P.I. Thermoelectric properties of transmutation doped silicon crystals. Physica B. Vol. 441. (2014). P. 80–88.
[2] Маранц В.Г., Хатунцев А.И. Образование сверхловушек на быстродиффундирующих примесях в полевых транзисторах. Электронная техника. Сер. 2: Полупроводниковые приборы. Вып. 3(129). (1979). С. 25–33.

FEATURES OF THE INFLUENCE OF COOLING RATE ON THE ANISOTROPY PARAMETER OF THERMO-EMF OF THE LOW-RESISTANCE SILICON CRYSTALS

G. Gaidar
Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine
gaydar@kinr.kiev.ua

The features of thermoelectric properties of *n*-silicon crystals, containing the high concentration of phosphorus impurity were investigated under the influence of different thermal treatment regimes (annealings at 1473 and 773 K during 2 h; the cooling rates from the annealing temperatures to the room temperature are 1, 3, 8, 15, 30 and 1000 K min^{-1}). The presence of a maximum in the range of $\nu_{\text{cl}} \approx 10$–15 K min^{-1} was observed in the dependences of the anisotropy parameter of thermo-emf of electron–phonon drag on the cooling rate of silicon crystals that were subjected to thermal annealing during 2 h at the different temperatures.

The obtained experimental results can be useful both in the development and substantiation of the technology for manufacturing of semiconductor devices, and under determining the quality of the initial materials on the basis of which they are created.

ДО ПИТАННЯ ПРО ПРИРОДУ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ТОНКИХ НЕАУКСЕТИЧНИХ І АУКСЕТИЧНИХ ШАРІВ ІНДІЮ

М. Раранський, А. Олійнич-Лисюк, І. Курек, Р. Тащук
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
tashchuk.roman@chnu.edu.ua

Індій - це рідкісний і дороговартісний метал. Всупереч всім закономірностям збільшення видобутку індію не знижує його вартості, як слід було очікувати, а навпаки підвищує. Індій застосовують у виробництві електронної техніки, оснащеної рідкокристалічними екранами. Він відмінно підходить для створення фотоелементів, люмінофорів, термоелектричних матеріалів в електронному та космічному приладобудуванні, як контактний та ущільнюючий матеріал. В даному секторі він не має замінників: всі вони відверто програють йому. Зазвичай, такі прилади працюють в екстремальних температурно - механічних умовах, що приводить до розтріскування In через виникнення суттєвих механічних напружень, які супроводжуються деформацією і руйнуванням контактів [1].

Тому ми вивчали вплив температури і напрямків у кристалі на характер термомеханічної деформації у тонких шарах In у процесі жорсткого термомеханічного циклювання в інтервалі 2-300К з метою виявлення особливості механізмів деформації у ауксетичних і неауксетичних напрямках.

У теорії пружності для опису нормальних деформацій ε_{ii}, які виникають в геометрично обмежених об’єктах при зміні температури T, використовують співвідношення (1) [3].

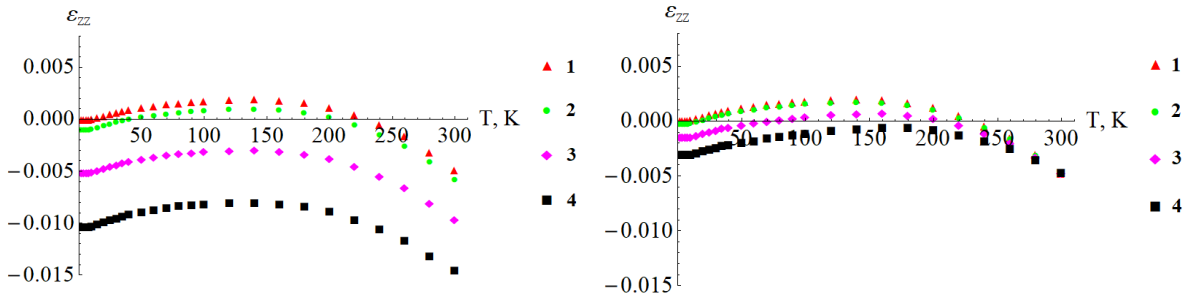
$$\begin{Bmatrix}\varepsilon_{xx}\\ \varepsilon_{yy}\\ \varepsilon_{zz}\end{Bmatrix} = \frac{1}{E}\begin{bmatrix}1 & -\nu & -\nu\\ -\nu & 1 & -\nu\\ -\nu & -\nu & 1\end{bmatrix}\begin{Bmatrix}\sigma_{xx}\\ \sigma_{yy}\\ \sigma_{zz}\end{Bmatrix} + \alpha T\begin{Bmatrix}1\\1\\1\end{Bmatrix} \quad (1)$$

де α - усереднений коефіцієнт термічного розширення; ν - коефіцієнт Пуассона для ізотропного середовища; σ_{ii} - нормальні механічні напруги; E – модуль Юнга.

Механічні властивості тонких шарів індію, відомого неаксіального ауксетика, значною мірою визначаються кристалографічним напрямком росту шару, який залежить від технології його вирощування та природи матеріалу підкладки. Очевидно, що деформація контактів, вирощених у ауксетичних напрямках, буде суттєво відрізнятись від деформації звичайних шарів нано- і мікромасштабу. При цьому різними будуть не тільки термопружні властивості самого шару, але й принципово різною буде поведінка дефектів невідповідності, які виникають на межі «шар-підкладинка», через які буде реалізуватись пластична частина деформації [1-2].

Результати досліджень можна звести до наступного:

- Ріст механічних напружень стиску від 1 до 100 МПа приводить до різного за величиною «розшарування» кривих деформацій $\varepsilon_{zz}(T)$, перпендикулярних до напрямку шару, в «ауксетичному» (ν_{110} ~ -0,5) і «неауксетичному» (ν_{13} ~ +0,5) кристалографічних напрямках.
- При малих напругах σ – $10^6 \div 10^7$ *Па,* значення $\varepsilon_{zz}(T)$ (кр. 1 та 2 (Рис.1 а,б)) в обох станах практично не відрізняються.



a) b)

Рис. 1.Температурні залежності компонента ε_{zz} для 2D-шарів індію, у напрямках а) неауксетичному <100> (ν_{13}); b) ауксетичному <110> (ν_{110}): при зовнішній стискуючій деформації $\sum\sigma_{ii}$: 1– 10^6 Па; 2 – 10^7 Па; 3 – $0{,}5\cdot10^8$ Па; 4 – 10^8 *Па.*

- При величині напруги $\sigma - 5*10^7 \div 10^8$ *Па* значення $\varepsilon_{zz}(T)$ у «неауксетичному» шарі (кр. 3 та 4 (Рис.1а)). увесь час знаходяться у області від'ємних значень (інверсія знаку відсутня). У «ауксетичному» ж напрямку з ростом температури (кр. 3 та 4 (Рис.1б)), криві слабо реагують на зміну тиску і починають накладатися при 260К і вище. «Ауксетичні» шари з ростом температури поглинають енергію зовнішньої стискуючої напруги, що приводить до покращення міцнісних характеристик шару.

[1] M. D. Raranskyi, A. V. Oliinych-Lysiuk, I. G. Kurek, O. O. Tkach, R. Yu. Tashchuk, and O. V. Lysiuk Features of Thermoplastic Deformations of Quasi-Anisotropic 2D Layers of Indium. Metallophysics and Advanced Technologies. Vol. 42, No. 7. (2020). P. 1015 - 1057.
[2] Tashchuk R.Yu., Raranskyi N.D., Oliinych-Lysiuk A.V., Kurek I.G., Tashchuk O.Yu. INTERNATIONAL RESEARCH AND PRACTICE CONFERENCE "NANOTECHNOLOGY AND NANOMATERIALS" (NANO-2020). (Lviv 26 - 29 August 2020). (2020). P. 24.
[3] Cheng, X., Liu, C., Silberschmidt, V.V. 2015. "Auxetic Materials and Structures". Berlin: Springer. 591.

ON THE NATURE OF THERMOPLASTIC DEFORMATION OF THIN NON-AUXETIC AND AUXETIC LAYERS OF INDIUM

M. Raranskyi, A. Oliinych-Lysiuk, I. Kurek, R. Tashchuk
Yurii Fedkovych Chernivtsi National University
tashchuk.roman@chnu.edu.ua

We studied the effect of temperature and mechanical stresses on thermomechanical deformation in thin layers of In during rigid thermomechanical cycling in the auxetic and non-auxetic directions in the 2-300K range in order to identify possible deformation mechanisms. It was found that the "auxetic" layers absorb the energy of the external compressive stress with increasing temperature, which leads to an improvement in the strength characteristics of the layer.

СТРУМ ВИТОКУ В ТОНКИХ ПЛІВКАХ $Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ НА ПІДКЛАДКАХ З СИТАЛУ

С. Попов, Т. Крузіна, Ю. Потапович, С. Рябцев, О. Руцький
Дніпровський Національний університет імені Олеся Гончара
spopov@meta.ua

Сегнетоелектричні тонкі плівки знаходять все більше застосування в мікроелектроніці при створенні мікроелектромеханічних (MEMS) і сенсорних пристроїв, а також пристроїв сегнетоелектричної пам'яті FeRAM (Ferroelectric Random Access Memory). Тонкі плівки $Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ (NBT) з хорошими сегнетоелектричними і п'єзоелектричними властивостями є перспективними для практичного використання. Відомо, що на електричні властивості плівок NBT впливають тип підкладки, стан поверхні розділу електрод-сегнетоелектрик, температура кристалізації, розмір зерен в фазі перовскіта, концентрація дефектів та механічні напруження. Під дією електричного поля в плівках NBT виникають струми витоку, які обмежують можливості їх застосування, та повинні враховуватися при аналізі електрофізичних характеристик. Тому метою даної роботи є отримання плівок NBT на підкладці з ситалу та вивчення механізмів електропровідності, які обумовлюють струми витоку.

Плівки NBT, отримані ex-situ методом за допомогою високочастотного магнетронного розпилення (13,56 МГц). Як підкладки використовувалися стандартні поліровані ситалові пластини марки СТ-32. Попередньо підкладки оброблялись в ультразвукової ванні з ацетоном, промивались в дистильованій воді і піддавались іонному очищенню в атмосфері аргону. Шар платини Pt товщиною 85 нм, що виконує функцію нижнього електрода, осаджувався методом магнетронного напилення на постійному струмі при температурі підкладки 300°C. Плівки NBT (250 нм) осаджувались при температурі 200°C в атмосфері аргону шляхом розпилення керамічної мішені NBT стехіометричного складу. Технологічні параметри осадження: тиск в камері 1 Па, ВЧ потужність розпилення – 2,5 Вт/см^2, швидкість осадження – 2,2 нм/хв. Безпосередньо після осадження плівка NBT аморфна. Для формування плівки NBT з сегнетоелектричними властивостями потрібне додаткове відпалювання, яке сприяє утворенню структури перовскіту. Тому після осадження структура NBT/Pt/ситал піддавалася термообробці в повітрі при температурах 550°C-700°C (45 хвилин). Відповідно до даних рентгенофазового аналізу при температурі відпалу 550°C в плівках NBT відбувається формування фази пірохлору. При температурі відпалу 700°C спостерігається поява основних рефлексів (2Θ=23°15'(100), 2Θ=33°20'(110), 2Θ=40°25'(111)), характерних для фази перовскіта, що свідчить про формування сегнетоелектричної фази NBT. Таким чином, температура відпалу 700°C є оптимальною для формування полікристалічних плівок NBT з сегнетоелектричними властивостями. Так, при 23°C значення Pr, Ps, Ec отриманих плівок становлять 9 мкКл/см^2, 22 мкКл/см^2, 40 кВ/см відповідно. Діелектрична проникність ε, виміряна на частоті 1 кГц дорівнює ~ 720.

Для визначення механізму провідності в плівках NBT проводились дослідження залежності струмів витоку від прикладеної напруги (E=2÷30 кВ/см) при температурі 23°C (рис.1а). Експериментальні дані були проаналізовані на відповідність до різних механізмів переносу зарядів. Лінійна залежність J-E^2 свідчить, що в полях E<10 кВ/см струми обмежені просторовим зарядом домінують (рис.1б). В області полів E>10 кВ/см найбільш імовірним механізмом провідності є емісія Шотткі, при якій носії заряду долають міжфазовий бар'єр завдяки теплової активації.

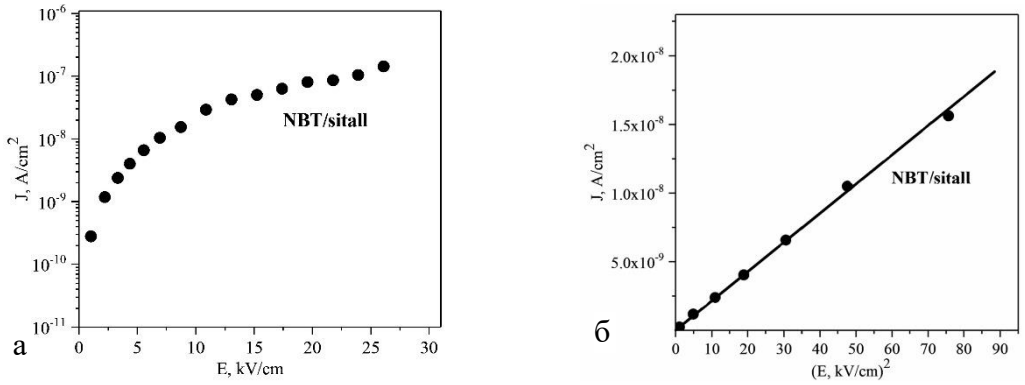


Рис.1. Густина струмів витоку в тонких плівках NBT як функція прикладеного поля E (а), як функція E^2 (б)

Лінійна залежність густини струму від напруженості прикладеного поля в координатах $\ln J\text{-}E^{1/2}$ підтверджує наявність вкладу в електричний струм носіїв заряду, що виникають при емісії Шотткі. Слід зазначити, що електропровідність полікристалічних плівок в значній мірі може бути пов'язана з недосконалістю структури: наявністю зерен і міжзерених границь, різного типу дефектів, які можуть діяти як центри захоплення носіїв заряду. Якщо теплової енергії носіїв заряду недостатньо для звільнення з пасток і переходу в зону провідності, то реалізується стрибковий механізм провідності. При цьому, стрибок носіїв від одного дефекту до іншого не є випадковим, а відбувається, в основному, вздовж напрямку зовнішнього поля E. У випадку наявності даного механізму електропровідності можуть бути задіяні тільки деякі точкові дефекти, і такими дефектами можуть бути кисневі вакансії $(V_{O^{2-}})^{\bullet\bullet}$, які утворюються в процесі відпалу плівок NBT [1,2]. Не виключено, що додатковий внесок в струми витоку отриманих плівок дають рухливі $(V_{O^{2-}})^{\bullet\bullet}$ [2,3].

[1] Kruzina T.V., Popov S.A., Potapovich Yu.N., Rutskyi A.S. Effect of thermal treatment on structure and leakage current of $Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ thin films. Journal of physics and electronics. (2018). Vol. 26(1). P. 53-56.
[2] Zhou Z.H., Xue J.M., Li W.Z. Leakage current and charge carriers in $(Na_{0.5}Bi_{0.5})TiO_3$ thin film J.Phys.D. Appl.Phys. (2005) Vol. 38. P. 642 -648
[3] Ding Y.L., Zhang X.H., Yang C.H., Zhang X.Y. and et al. Preparation and ferroelectric properties of lead-free $A_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ (A=Na or K) thin films. Surface Review and Letters. (2011). Vol. 18. P. 121-125.

LEAKAGE CURRENT OF $Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ THIN FILMS ON SITALL SUBSTRATES

T. Kruzina, S. Popov, Yu. Potapovich, S. Ryabtsev, A. Rutskiy
Oles Honchar Dnipro National University
spopov@meta.ua

We report some special features of $Na_{0.5}Bi_{0.5}TiO_3$ (NBT) thin films preparation process and electrical properties of the films. The NBT films were grown on Pt/sitall substrates by ex-situ method with high-frequency (13,56 MHz) magnetron deposition. Thermal treatment of the films was carried out in the temperature range 550°C-700°C in air. The linear form of the curve on the $J\text{-}E^2$ graph indicates that the space-charge–limited conductivity dominates in the range of weak fields ($E < 10$ kV/cm). For fields $E > 10$ kV/cm the most probable mechanism of conductivity is the Schottky emission. In addition, the presence of the oxygen vacancies allows to suggest that the hopping conduction mechanism may also contribute to the leakage currents in the films.

INFLUENCE OF S→Se SUBSTITUTION ON OPTICAL PROPERTIES OF $Ag_7GeS(Se)_5I$ CRYSTALS

V. Studenyak, M. Pop, O. Yamkovy, L. Suslikov, I. Studenyak
Uzhhorod National University
studenyak@dr.com

$Ag_7GeS(Se)_5I$ crystals belong to the superionic conductors with argyrodite structure [1]. Representatives of the argyrodite family are characterized by high ionic conductivity and are promising for practical application in solid state ionics [2]. It should be noted that the absorption edge of the Cu_7GeS_5I single crystal and $Cu_7Ge(S_{1-x}Se_x)_5I$ mixed crystals exhibits an Urbach behavior [3]. The Urbach absorption edge is related to the manifestation of electron-phonon interaction. At S→Se anionic substitution in the mixed $Cu_7Ge(S_{1-x}Se_x)_5I$ crystals a nonlinear decrease of the optical pseudogap and a typical for mixed crystals behavior of the Urbach energy were observed [3]. The present paper is devoted to the optical studies of refractive indeces dispersion and optical pseudogap in $Ag_7GeS(Se)_5I$ crystals.

$Ag_7GeS(Se)_5I$ crystals were grown by directed crystallization from the melt using a modified Bridgman-Stockbarger method. The XRD patterns measured by DRON 4-07 diffractometer (conventional θ-2θ scanning method, Bragg angle $2\theta \cong 10\text{-}60^0$, Ni-filtered CuK_α radiation) have shown that $Ag_7GeS(Se)_5I$ compounds were indexed as face-centered cubic cell with the space group $F\bar{4}3m$. Spectroscopic ellipsometer Horiba Smart SE was used for optical constant measurements. The diffuse reflection measurements were carried out on a Shimadzu UV-2600 spectrometer.

Refractive indices n for $Ag_7GeS(Se)_5I$ crystals were measured in the spectral range of 440-1000 nm. The two anomaly dispersion regions of refractive index are revealed in the spectral region under investigation. The weakly expressed long-wavelength (e.g., E = 1.274 eV for Ag_7GeSe_5I and 1.554 eV for Ag_7GeS_5I) anomaly corresponds to the band-to-band optical transition and the spectral position of this anomaly relates to the energy pseudogap value. Another short-wavelength (e.g., E = 2.505 eV for Ag_7GeSe_5I crystal and 2.867 eV for Ag_7GeS_5I) anomaly possibly corresponds to the interband Van Hove-Phillips singularity. It should be noted that both anomalies in Ag_7GeS_5I crystal are shifted compared to anomalies in Ag_7GeSe_5I crystal into a higher energy region.

From the spectral position of the short-wavelength edge of the diffuse reflection spectra, the energy pseudogap values for $Ag_7GeS(Se)_5I$ crystals were estimated.It is shown that the substitution of S atoms by Se atoms in the anionic sublattice results in a significant decrease of energy pseudogap. Thus, the value of energy pseudogap for Ag_7GeS_5I crystal 1.678 eV, whereas for Ag_7GeSe_5I crystal the value of energy pseudogap is much smaller and equal to 0.967 eV.

[1] Nilges T., Pfitzner A. A structural differentiation of quaternary copper argirodites: Structure – property relations of high temperature ion conductors. Z. Kristallogr. Vol. 220. (2005). P. 281–294.
[2] Studenyak I.P., Kranjčec M., Kurik M.V. Urbach rule and disordering processes in $Cu_6P(S_{1-x}Se_x)_5Br_{1-y}I_y$ superionic conductors. J. Phys. Chem. Solids. Vol. 67. (2006). P. 807–817.
[3] Studenyak I.P., Kokhan O.P., Kranjčec M., Bilanchuk V.V., Panko V.V. Influence of S→Se substitution on chemical and physical properties of $Cu_7Ge(S_{1-x}Se_x)_5I$ superionic solid solutions. J. Phys. Chem. Solids. Vol. 68. (2007). P. 1881–1884.

ФОТОЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ КРИСТАЛІВ ZnS ПІД ДІЄЮ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ

З. Поленяєв, М. Буланий, О. Коваленко, О. Морозов
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
bulanyi@ukr.net

Метою роботи було вивчення впливу ультразвукових коливань на спектри фотолюмінесценції (ФЛ) кристалів ZnS. В ультразвуковому (УЗ) діапазоні частот в кристалах ZnS можливе збудження руху дислокацій, перезарядкою, перебудуванням та генерацією дефектів. Раніше було показано, що зміни фізичних властивостей кристалів при пластичній деформації (до 3 %), пов'язані з рухом дислокацій [1]. На деформаційній машині важко було здійснити деформацію кристалів на величини менші ніж 0.2 - 0.3 %. У той же час, саме при таких малих деформаціях працюють різноманітні прилади. Так, наприклад, такі деформації можуть бути обумовлені зміною робочої температури, електричних полів, струмів тощо. У даній роботі , як індикатор процесів, що супроводжують старт дислокацій в кристалах, використовувались зміни їх люмінесцентних властивостей.

Ультразвукові коливання збуджувались в п’єзолеретворювачі з цирконат - титанату свинцю, після коливання передавались по металевому концентратору до кристалу. Досліджено спектри ФЛ кристалів як до, так і після ультразвукової обробки.

Аналіз розкладених на індивідульні смуги спектрів ФЛ показує, що під дією ультразвуку відбувається перерозподіл інтенсивності індивідуальних смуг. Отримані результати можна пояснити зміною зарядового стану люмінесцентних центрів. Такі зміни можуть відбуватись при взаємодії рухомої дислокації з центром ФЛ. Відомо, що дислокація, маючи певний заряд, здатна змінювати іонний стан атомів домішок.

Зниження інтенсивності люмінесценції може бути пов’язано зі зменшенням перетину рекомбінаційних центрів, зі збільшенням концентрації безвипромінювальних центрів при дії ультразвуку, які перерозподіляють на себе рекомбінаційний потік вільних носіїв заряду, а також зі зміною зарядового стану центрів ФЛ внаслідок руху заряджених дислокацій.

[1] Омельченко С.А., Буланый М.Ф., Хмеленко О.В. ФТТ. – 2003. – Т. 45, Вып. 9. - С. 1608 –1613.

PHOTOLUMINESCENCE OF ZnS CRYSTALS UNDER THE ACTION OF ULTRASONIC VIBRATIONS

Z. Polenyaev, M. Bulanyi, O. Kovalenko, O. Morozov
Oles Honchar Dnipro National University
bulanyi@ukr.net

The decrease in luminescence intensity may be associated with a decrease in the cross section of recombination centers, with an increase in the concentration of nonradiative centers under ultrasound, which redistribute the recombination flux of free charge carriers, and with a change in the charge state of PL centers due to charged dislocations.

ЗОННА СТРУКТУРА ВПОРЯДКОВАНОГО МАСИВУ КВАНТОВИХ ТОЧОК РІЗНОЇ ФОРМИ

І. Білинський, Р. Лешко
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,
leshkoroman@gmail.com

Сучасний розвиток технологій отримання наносистем уможливлює виготовлення складних наногетеросистем, зокрема і масивів квантових точок (КТ). Рівномірні та регулярні масиви КТ з точно контрольованими положеннями та розмірами можуть служити шаблоном для наступного покоління наноелектронних та оптоелектронних пристроїв. На сьогодні основними складними проблемами промислового застосування масивів КТ є виготовлення бездефектних, рівномірних і впорядкованих КТ, точне розташування окремих КТ, а також відтворюваність за розмірами та просторовим розподілом. Саме все це визначає продуктивність функціональних пристроїв на основі КТ.

За останнє десятиліття зроблено величезні спроби поліпшити впорядкування, позиціювання, однорідність та зменшення дефектів для отримання ідеальних масивів КТ на великій ділянці з великим діапазоном упорядкування. Також слід відзначити, що залежно від способу отримання форма КТ може бути різною. Для теоретичних розрахунків у цій роботі ми моделюємо форми впорядкованих КТ сферою, циліндром і кубом. Саме для таких форм у наближенні ефективної маси, методом розкладу по плоских хвилях з урахуванням періодичного розташування КТ проведено обчислення енергетичного електронного спектру масиву КТ. Результати обчислень дали змогу отримати структуру мінізон впорядкованого масиву КТ, які розташовані на однакових відстанях одна від одної (утворюють надкристал КТ кубічної симетрії). На основі визначеної структури мінізон проведено обчислення ширини найнижчих зон. Саме ширина мінізон — один з параметрів, що визначає параметри ширини смуг поглинання при переходах електрона в в межах мінізон і параметри провідності. Встановлено, що для масиву сферичних КТ ширина мінізон є найменшою, а для кубічних — найбільшою (при однакових об'ємах КТ і їх концентраціях у матриці). Відповідно для масиву сферичних КТ поглинання світла, що зумовлене переходами електрона між мінізонами, матиме вужчі смуги, ніж впорядкований масив кубічних КТ.

Отримані результати дадуть змогу провести визначення спектральних коефіцієнтів поглинання та провідності у зазначених системах.

BAND STRUCTURE OF AN ORDERED ARRAYS OF QUANTUM DOTS OF DIFFERENT SHAPE

I. Bilynskyi, R. Leshko
Drohobych Ivan Franko State Pedagogical Univercity
leshkoroman@gmail.com

The results of the calculations made it possible to obtain the structure of the minizones of an ordered QD array, which are located at equal distances from each other (form a QD symmetry of the cubic symmetry). Based on the defined structure of the minizones, the width of the lowest zones was calculated.

ЧАСОВІ ЗАЛЕЖНОСТІ В РІВНЯННЯХ ЕВОЛЮЦІЇ НАДВИПРОМІНЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗА МЕТОДОМ СКОРОЧЕНОГО ОПИСУ БОГОЛЮБОВА

С. Лягушин
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
lyagush.new@gmail.com

Автор послідовно розвиває теорію надвипромінювання Дікке – одного з найцікавіших колективних квантових явищ, важливого як для загального розвитку методів дослідження нерівноважних процесів, так і для нових технологій генерації когерентного випромінювання. У моделі Дікке розглядаються системи дворівневих випромінювачів, взаємодіючих через електромагнітне поле, де в імпульсному режимі генерується кооперативне спонтанне випромінювання.

Перше строге квантове дослідження процесу самоорганізації атомів у процесі наближення до стану рівноваги було зроблено 1982 року в роботі Боголюбова (мол.) та співробітників, де було застосовано метод вилучення бозонних змінних Боголюбова [1]. При цьому висновок про когерентну генерацію робився на основі еволюції підсистеми випромінювачів. Вихідною точкою для дослідження залежності середніх від часу було квантове рівняння Ліувілля для статистичного оператора системи, і початковий стан поля вважався рівноважним із температурою θ. Для довільного оператора Λ можна отримати зображення Гайзенберґа й обчислювати середнє від нього зі статистичним оператором початкового стану D_0. Запишемо для системи Дікке рівняння руху для фотонних операторів і їх формальний розв'язок. Якщо тепер розглянути рівняння руху для довільного оператора O(t), що діє на власні функції гамільтоніана Дікке лише як на функції підсистеми випромінювачів і провести усереднення зі статоператором D_0, ми отримаємо рівняння еволюції для середніх, з якого на основі леми Боголюбова [1] повністю вилучені бозонні змінні. Формується ланцюжок кінетичних рівнянь для надвипромінювальної системи.

У наших роботах [2, 3] рівняння еволюції для системи Дікке виводились на основі методу скороченого опису Боголюбова у варіанті, сформульованому харківською школою статистичної фізики, – модель Пелетмінського–Яценка. Цей підхід дозволив поставити питання про більш докладний опис генерованого електромагнітного поля. Для цього до числа параметрів скороченого опису системи були включені η_a – амплітуди поперечних електричного та магнітного полів і бінарні кореляційні функції. Зауважимо, що в основу розгляду еволюції системи також було покладено зображення Шрьодінґера, тобто еволюція статистичного оператора. За відомого гамільтоніана користуємося поняттям похідної від оператора за часом

$$\partial_t \operatorname{Sp} \rho(t)\hat{a} = \operatorname{Sp} \rho(t)\hat{\dot{a}}, \qquad \hat{\dot{a}} \equiv \frac{i}{\hbar}[\hat{H}, \hat{a}], \tag{1}$$

приходячи до рівнянь Максвелла в операторній формі

$$\hat{\dot{B}}_n = -c\,\mathrm{rot}_n \hat{E}, \quad \hat{\dot{E}}_n = c\,\mathrm{rot}_n \hat{B} - 4\pi \hat{I}_n, \quad \mathrm{div}\hat{B} = 0, \quad \mathrm{div}\hat{E} = 4\pi\hat{\rho}, \tag{2}$$

де маємо оператори повного електричного поля $\hat{E}_n$, густини струму $\hat{I}_n$ та заряду $\hat{\rho}$.

Операторні рівняння мають формальний характер і не дозволяють чисельного моделювання. Рівняння для бінарних кореляцій [3] стикаються з аналогічною

проблемою. Шлях до її подолання ґрунтується на наявності малого параметра в задачі Дікке (це дипольний момент робочого переходу) і виконання певних зв'язків для параметрів скороченого опису в обраній моделі. Зокрема для польових параметрів η_a ці міркування дають рівняння $\partial_t \eta_a = L_a(\eta, \varepsilon)$, коефіцієнти якого визначаються через чисельні вирази в комутаційних співвідношеннях

$$\mathbf{L}_0 \hat{\eta}_a = -i \sum_b \mathbf{c}_{ab} \hat{\eta}_b , \qquad (\mathbf{L}_0 \hat{a} \equiv -\frac{i}{\hbar}[\hat{H}_0, \hat{a}]). \tag{3}$$

Статистичний оператор $\rho(\eta, \varepsilon)$ обчислюється за теорією збурень за взаємодією з інтегрального рівняння, що виражає умову послаблення кореляцій [2]. Маємо

$$\rho(\eta, \varepsilon) = \rho^{(0)} + \rho^{(1)} + O(d^2), \qquad \rho^{(0)} = \rho_q , \tag{4}$$

де ρ_q – стан локальної рівноваги. 1-й порядок у рівняннях (3) зникає, а внесок $\rho^{(1)}$ у статистичному операторі набуває вигляду

$$\rho^{(1)} = -\frac{i}{\hbar} \int_{-\infty}^{0} d\tau \int dx \left[\rho_f \rho_m, \hat{E}_n^t(x, \tau) \hat{P}_n(x, \tau) \right], \tag{5}$$

де використані оператори в зображенні взаємодії

Обчислення з $\rho^{(1)}$ дають у 2-му порядку за взаємодією змістовні матеріальні рівняння для середовища з випромінювачів, і ми приходимо до рівнянь часової еволюції параметрів скороченого опису, придатних для чисельного моделювання.

[1] Боголюбов Н.Н. (мл.), Шумовский А.С. Сверхизлучение. Дубна: ОИЯИ. (1987). (Лекции для молодых учёных, Р17-87-176). 88 с.
[2] 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.
[3] 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.

TEMPORAL DEPENDENCES IN EVOLUTION EQUATIONS OF A SUPERFLUORESCENT SYSTEM ACCORDING TO BOGOLYUBOV REDUCED DESCRIPTION METHOD

S. Lyagushyn
Oles Honchar Dnipro National University
lyagush.new@gmail.com

In superfluorescence research the Bogolyubov method of eliminating boson variables operates with averages of physical observables despite of a used picture. The final mathematical problem is solving a hierarchy of equations for correlation functions of the emitter subsystem.

The operator equations for the Dicke model in the reduced description approach do not open a way to numerical modelling just after averaging. It is necessary to consider the problem of the statistical operator expansion in terms of interaction smallness regardless a set of reduced description parameters. A meaningful picture is obtained if the second-order approximation is used for material equations.

МОДЕЛЮВАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ РУХУ ФРИКЦІЙНОГО ОСЦИЛЯТОРА

О. Орлянський[1], А. Терентьєв[2]
[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
[2]*Ліцей інформаційних технологій*
orlyansky@ffeks.dnu.edu.ua, terentiev@dlit.dp.ua

Фрикційній осцилятор представляє собою два вали, що обертаються у різних напрямках з однаковою кутовою швидкістю та тіло зверху валів, яке здійснює коливання за рахунок різниці сил тертя (Рис. 1). В залежності від параметрів системи виникають різні типи руху, які не мають досі задовільного пояснення, або навіть виходять за межі вивчених спостережень [1]. Такі коливання можуть бути згасаючими або зі збільшенням амплітуди, також можна спостерігати перехід системи у стаціонарний режим.

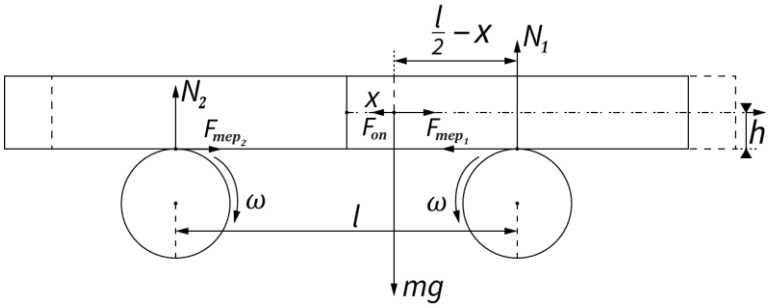


Рис. 1. Схема осцилятора з сухим тертям

Передусім слід розмежувати випадки малої та великої кутової швидкості ω обертання валів. Під малою кутовою швидкістю ми розуміємо випадки, у яких швидкість руху тіла $\dot{x}$ може перевищувати лінійну швидкість руху поверхні валу ωr (r – радіус валу). Тоді обов'язково виникає момент, коли у зоні контакту швидкості вирівнюються, і замість проковзування між поверхнями виникає сила тертя спокою. Оскільки її максимальне значення перевищує силу тертя ковзання, тіло починає рухатись рівномірно зі швидкістю ωr, а потім знову переходить у коливальний режим.

У випадку великих ω затухаючі коливання можна пояснити силою $F_{оп}$ опору середовища. Тим більше питань викликає зворотне явище, коли при певному підборі параметрів та ж сама система розкачується, і тіло викидає за межі приладу. Це явище вдалося пояснити теоретично шляхом врахування залежності коефіцієнту тертя ковзання від відносної швидкості поверхонь $\upsilon = \omega r \pm \dot{x}$. Як відомо [2], коефіцієнт тертя ковзання слабо залежить від швидкості та при малих швидкостях спочатку зменшується. Була побудована модель з лінійною залежністю коефіцієнту тертя від швидкості $\mu = \mu(0) - b\upsilon$, з урахуванням сили опору повітря $F_{оп} = -\gamma\dot{x}$ для тіла з центром мас на висоті h над горизонтальною лінією дотику з валами (Рис.1). Диференціальне рівняння, яке описує рух цієї системи, має вигляд:

$$\ddot{x} - \frac{bg - \frac{\gamma}{m}\left(1 - \frac{2h}{l}(\mu(0) - b\omega r)\right)}{1 - \frac{2h}{l}(\mu(0) - b\omega r)}\dot{x} + \frac{2g(\mu(0) - b\omega r)}{l - 2h(\mu(0) - b\omega r)}x = 0, \quad (1)$$

де l – відстань між центрами валів, а m – маса тіла.

В залежності від співвідношення параметрів маємо 3 типи руху, один з яких відповідає коливанням зі збільшенням амплітуди

$$x = C \cdot e^{\frac{bgl}{2l-4h(\mu(0)-b\omega r)}t} \sin\left(\sqrt{\frac{2g(\mu(0)-b\omega r)}{l-2h(\mu(0)-b\omega r)} - \left(\frac{bgl}{2l-4h(\mu(0)-b\omega r)}\right)^2} t + \varphi_0\right), \quad (2)$$

де сталі C та φ_0 визначаються початковими умовами.

Апробація теоретичних залежностей була проведена на двох експериментальних установках і виявила достовірність теоретичної моделі. Так на Рис. 2. суцільною лінією зображена теоретична крива, а точкам відповідають експериментальні дані, зняті на камеру з частотою 240 кадрів за секунду і оброблені програмою Tracker.

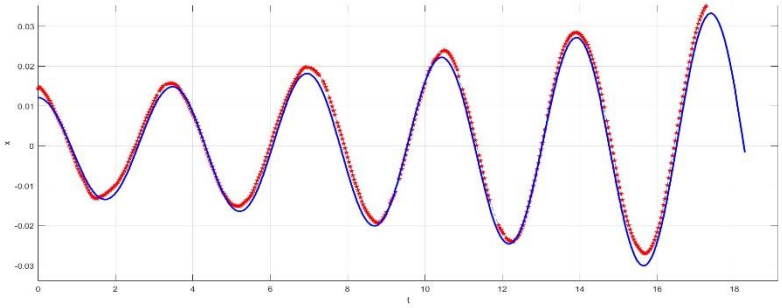


Рис. 2. Порівняння експериментальних даних з теоретичною моделлю

Побудовані точні моделі фрикційного осцилятора для невеликих і значних кутових швидкостей пояснюють особливості його руху і дають опосередковану можливість вивчати залежність коефіцієнтів тертя між різними поверхнями від їхньої відносної швидкості. Зазначимо також, що точний розв'язок задачі, де за різних параметрів виникають автоколивання, згасаючі коливання або коливання зі зростанням амплітуди, а також можливість наочної демонстрації цих коливань роблять використання фрикційного осцилятору зручним та універсальним в навчальному процесі студентів фізико-математичних та інженерних спеціальностей.

[1] Robin Henaff, Gabriel Le Doudic, Bertrand Pilette, Catherine Even, Jean-Marie Fischbach, Frédéric Bouquet, Julien Bobroff, Miguel Monteverde, and Claire A. Marrache-Kikuchi. A study of kinetic friction: The Timoshenko oscillator. American Journal of Physics. Vol. 86. (2018). P. 174-179.
[2] Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. I. Механика. М.: Физматлит. (2005). 560 с.

MODELING DIFFERENT TYPES OF FRICTION OSCILLATOR MOTION

O. Orlyansky[1], A. Terentiev[2]
[1]*Oles Honchar Dnipro National University*
[2]*Lyceum of Information Technologies*

In this paper, experimental studies of the friction pendulum were carried out and a model of its behavior was constructed. It is shown that depending on the parameters of the system, both damped vibrations and with an increasing amplitude are possible. At low angular speeds of rotation of the shafts, the friction oscillator can switch to auto-generator mode. The dependence of the resistance force of the medium and the coefficient of dry friction on the velocity are determined linearly, which allows us to obtain an accurate analytical solution.

ВЛИЯНИЕ ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА МИКРОСТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ Si С ЕСТЕСТВЕННЫМ И ИСКУССТВЕННО НАРОЩЕННЫМ ОКИСЛОМ

Г. Гайдар[1], М. Пинковская[1], О. Кондратенко[2], В. Романюк[2], М. Старчик[1]
[1]*Институт ядерных исследований НАН Украины*
[2]*Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева НАН Украины*
gaydar@kinr.kiev.ua

Исследована возможность применения быстрых легких и тяжелых ионов для изменения морфологии и оптических свойств поверхности облученного кремния с различной толщиной поверхностного окисла для последующего создания поверхностных композитов и композитных пленок на кремниевых подложках. Такие композиты в случае нанесения наноразмерных металлических включений являются перспективными для создания современных опто- и наноэлектронных устройств, основанных на явлении возбуждения поверхностных (локализованных) плазмонов (колебаний) и поверхностных плазмонных поляритонов (волн).

Известно, что ионы, попадая в кристалл в процессе облучения, теряют энергию за счет рассеяния на электронной (возбуждение и ионизация) и на ядерной подсистемах при передаче энергии ядрам атомов матрицы с образованием радиационных дефектов. Основная генерация дефектов происходит при замедлении ионов, следовательно, она является неравномерной вдоль трека частицы и максимальной в конце пробега. Наши исследования кремния с естественным окислом, облученного 27,2 МэВ ионами гелия, продемонстрировали специфику его оптических и структурных свойств при больших флюенсах. Металлографические исследования структуры облученного Si выявляют распределение дефектов вдоль направления облучения. Полученные результаты свидетельствуют о том, что наибольшие напряжения решетки Si сосредоточены в области торможения ионов (как и предусмотрено теорией взаимодействия излучения с кристаллом). Тем не менее, при больших флюенсах слоистое распределение напряжений наблюдается как в пробежной для ионов области, так и за пределами их линии торможения. В спектрах кремния, облученного ионами гелия флюенсом 10^{17} см$^{-2}$, в спектральной области $5000 \div 400$ см$^{-1}$ не наблюдалось дополнительного поглощения, связанного с облучением. При таких флюенсах метод поляризационной эллипсометрии констатирует скачкообразное изменение показателя поглощения кремния, а эксперименты с привлечением атомно-силового микроскопа свидетельствуют о значительном росте шероховатости поверхности. Указанные обстоятельства и стали определяющими для использования данного материала в ходе дальнейших исследований.

Результаты АСМ показывают, что облучение кремния с тонким естественным окислом 27,2 МэВ ионами гелия флюенсом 10^{17} см$^{-2}$ ведет к изменению топологии поверхности кристалла – она становится достаточно шероховатой. Среднеквадратичная шероховатость поверхности кристалла Si до облучения составляла около 1 нм, а после облучения выросла до 20 нм. Термическое осаждение пленки золота на такую модифицированную поверхность Si обусловливает формирование островковой пленки из отдельных изолированных зерен золота (рис. 1), тогда как на плоской поверхности при аналогичном осаждении Au пленка приобретает лабиринтную структуру.

Рис. 1. 2D АСМ изображение поверхности *n*-Si, облученного ионами гелия с энергией 27,2 МэВ флюенсом 10^{17} см$^{-2}$ (*а*), и островковой пленки золота на ней после термоотжига при *T* = 280 °С в течение 1 часа (*б*)

В случае, когда на кремний перед облучением нанести окись SiO_2 толщиной около 500 нм, ситуация станет несколько иной. Тяжелые ионы ^{131}Xe с энергией 130 МэВ вызывают ионизацию и возбуждение атомов материала вдоль всей траектории движения. Структурные изменения в области траектории быстрого иона имеют локальный характер, а нанометровый и наносекундный масштабы релаксации возбужденного материала обеспечивают незначительное возбуждение окружающей матрицы. Поскольку направление движения иона, который бомбардирует материал, практически не меняется, образуется скрытый трек, который можно обнаружить с помощью химического травления. Напыление золотой пленки на пористую поверхность такой структуры *por*-SiO_2 и ее дальнейшее отжиг приводят к неравномерному заполнения наночастицами золота пор слоя окиси. Частицы золота располагаются на поверхности SiO_2 и в порах верхней части окисной пленки толщиной около 100 нм, вероятно, вследствие неравномерного по размерам вытравливания нанопор вглубь пленки SiO_2.

Таким образом, осаждая Au на шероховатую поверхность Si, предварительно облученного значительными флюенсами ионов гелия, или внедряя наночастицы Au в модифицированную быстрыми ионами ^{131}Xe структуру SiO_2/Si, можно создавать поверхностные нанокомпозиты на кремниевой подложке.

THE EFFECT OF ION IRRADIATION ON THE MICROSTRUCTURE OF THE Si SURFACE WITH THE NATURAL AND ARTIFICIALLY GROWN OXIDE

G. Gaidar[1], M. Pinkovska[1] O. Kondratenko[2], V. Romanyuk[2], M. Starchyk[1]
[1]*Institute for Nuclear Research of the NAS of Ukraine*
[2]*V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of the NAS of Ukraine*
gaydar@kinr.kiev.ua

In this work the possibility of using the fast light and heavy ions to change the morphology and optical properties of the surface of irradiated silicon with different thicknesses of surface oxide for the subsequent creation of surface composites and composite films on silicon substrates was investigated. Such composites in the case of the deposition of nanosized metal inclusions are promising for the creation of modern opto- and nanoelectronic devices based on the phenomenon of excitation of surface (localized) plasmons (oscillations) and surface plasmon polaritons (waves).

It was established that by depositing gold nanoparticles on a rough Si surface, previously irradiated with significant fluences of helium ions, or by introducing Au nanoparticles into the SiO_2/Si structure modified with fast ^{131}Xe ions, it is possible to create surface nanocomposites on a silicon substrate.

DARK MATTER WIDE RESONANCES IN THE GENERALIZED YUKAWA MODEL

M. Dmytriiev, V. Skalozub
Oles Honchar Dnipro National University
dmytrijev_m@ffeks.dnu.edu.ua, skalozubvv@gmail.com

As follows from the present experiment results of the LHC and other colliders, no dark matter candidates have been found, by now. In this work we consider possible dark matter particle properties, which may lead to its obscureness in the modern experiments.

We propose a simple model, which contains fields of both visible and dark matter, which interact somehow. The conventional matter is described by the fermionic doublet of fields ψ_1 and ψ_2, and the scalar particle ϕ. The dark matter is represented by the heavy scalar χ and fermion Ψ. Visible fermions interact with ϕ and χ through different Yukawa couplings, while Ψ interacts with χ, only. The lagrangian of the model writes:

$$\mathscr{L} = \frac{1}{2}\left[\left(\partial_\nu \phi\right)^2 - \mu^2\phi^2\right] + \frac{1}{2}\left[\left(\partial_\nu \chi\right)^2 - \Lambda^2\chi^2\right] - \lambda\phi^4 - \rho\phi^2\chi^2 - \xi\chi^4 + \\ + \sum_{a=1;2} \overline{\psi}_a\left(i\gamma^\nu\partial_\nu - g_\phi\phi - g_\chi\chi - m_a\right)\psi_a + \overline{\Psi}\left(i\gamma^\nu\partial_\nu - M - G_\chi\chi\right)\Psi. \quad (1)$$

For instance, visible matter could be described by the Standard model, while dark matter contains some new particles beyond it. In the modern experimental data treatment, the new particle is identified with a resonant peak in the cross-section of some scattering process, within the on-resonance search method. The resonance is found if it is narrow, otherwise it may be missed in the analysis as a noise. Assuming that the peak is narrow, the process cross-section is calculated in the narrow width approximation (NWA). Then the new particle's mass and couplings are estimated from the cross-section. However, it is not obligatory for the new resonance to have narrow width. Hence, the signals of the dark matter could be missed in the experimental results. In our work we identify the new particle with the χ boson. The purpose of our work is to investigate the χ width as a function of couplings and χ mass. We find regions in the model parameters space where χ resonance becomes wide. The transformation properties of the dark matter particle are qualitatively inessential for our analysis.

The width Γ of χ resonance appears due to the imaginary part of its polarization operator $\Pi_{\chi\chi}(p^2)$. The latter is found analytically as a one-loop radiative correction to the χ mass. Hence, the χ resonance width ρ (as a fraction of Λ) can be well described by the following relation:

$$\rho = -\frac{\Im\Pi_{\chi\chi}(\Lambda^2)}{\Lambda^2}\cdot 100\% = 100\% \cdot \left\{\frac{g_\chi^2}{8\pi}\left[\left(1-\frac{4m_1^2}{\Lambda^2}\right)^{\frac{3}{2}} + \left(1-\frac{4m_2^2}{\Lambda^2}\right)^{\frac{3}{2}}\right] + \frac{G_\chi^2}{8\pi}\left(1-\frac{4M^2}{\Lambda^2}\right)^{\frac{3}{2}}\right\}. \quad (2)$$

In the experimental data analysis, peaks are anticipated to have $\rho \le 3\%$. Besides, we find that when $\rho \ge 7\%$ the NWA is inapplicable. There are possible scenarios when these two limits are exceeded and the resonance can not be detected. In our model, it takes place when either dark particle is heavy ($\Lambda > \mu$) or couplings $g_\chi \gg g_\varphi$, $G_\chi \gg g_\varphi$.

The model also allows the one-loop mixing of the visible and dark matter fields ϕ and χ. That is, there are processes where the fermion loop joins different scalar fields, in the two-point correlation function. For this process, we introduced the mixing angle, which writes:

$$\tan 2\theta_{mix} = 2g_{\phi}g_{\chi}F\left[\frac{4\pi^2}{3}\left(\Lambda^2-\mu^2\right)+\left(g_{\phi}^2-g_{\chi}^2\right)F-G_{\chi}^2M^2\ln\frac{M^2}{\kappa^2}\right]^{-1},$$
$$F = m_1^2\ln\frac{m_1^2}{\kappa^2}+m_2^2\ln\frac{m_2^2}{\kappa^2}. \quad (3)$$

In these expressions, κ is an arbitrary renormalisation point. The value of θ_{mix} regulates the probability of the one-loop mixing. This quantity is introduced here correspondingly to the Z' phenomenology, where the mixing between Z and Z' bosons is present, with an angle θ_0. As for the θ_0, θ_{mix} in our model decreases when dark boson mass Λ rises. We find that the wide resonances of χ correspond to small values of the θ_{mix}. It is proven that there exists the upper limit on the mixing angle, under which resonances are wide. In our model there should be $|\theta_{mix}| \leq 10^{-5}$ in the chosen renormalization scale.

It is shown in our work that wide resonances of the new particles may exist, being undetectable in the modern on-resonance search methods.

[1] Sunghoon Jung, Dongsub Lee , Ke-Pan Xie. Eur. Phys. J. C 80:105 (2020)
[2] Manuel Drees, Fazlollah Hajkarim. JHEP 1812 (2018) 042
[3] A. Gulov, V. Skalozub. Global search for the Z' boson at Modern Colliders (Lira Ltd., Dnipro, 2020), p. 140.

ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ $Li_2Ge_7O_{15}$, ЛЕГОВАНИХ Al

А. Крівченко, М. Трубіцин
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
anastasiyareisman17041997@gmail.com

Монокристали $Li_2Ge_7O_{15}$, леговані Al (0,15% ваг.), було вирощено з розплаву методом Чохральського. Полікристалічний $Li_2Ge_7O_{15}$:Al (0,3% ваг.) отримано кристалізацією скла за методикою, описаною в [1]. До вихідних реагентів було додано добавку Al_2O_3 перед змішуванням і синтезом шихти. Як показано в [2–4], кристаліти з лінійними розмірами близько 0,3 μm займають понад 90% об'єму полікристалічних зразків.

Електричні властивості вивчали в полі змінного струму за допомогою LCR вимірювача Keysight E4980AL. Зразки вирізали у вигляді плоскопаралельних пластин із розмірами 5∗5 mm^2 і товщиною 0,5–0,8 *mm*. Pt електроди було нанесено на основні поверхні зразків. Провідність σ та діелектричну проникність ε вимірювали в інтервалі від кімнатної температури до 800 *K*. Залежності, отримані при нагріванні та охолодженні співпадають між собою. Температуру зразків змінювали зі швидкістю близько5 K/min і контролювали з точністю до 1 *K*.

Теплова активація слабкозв'язаних заряджених частинок спричиняє збільшення електропровідності діелектриків при нагріванні. Таке зростання температури описується виразом

$$\sigma(T) = \frac{A}{T}\exp\left(\frac{-E_a}{k_B T}\right), \quad (1)$$

де коефіцієнт A залежить від величини заряду, концентрації та довжини стрибка носія, частоти коливань та кількості позицій, доступних для носіїв; E_a – енергія активації провідності; k_B – постійна Больцмана. На рис. 1 в шкалі Арреніуса показана температурна залежність провідності, виміряна на частоті (f=1kHz) змінного поля, спрямованого вздовж осей монокристалу $Li_2Ge_7O_{15}$:Al.

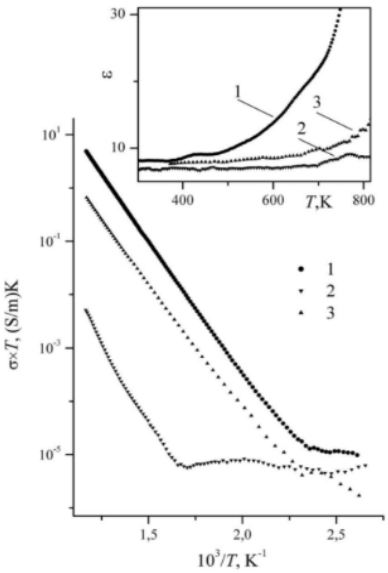


Рис. 1. Залежність ($\sigma * T$) від 1/T для монокристалу $Li_2Ge_7O_{15}$:Al (0.15% ваг.)

Можна помітити, що σ демонструє сильну анізотропію, яка найбільш виражена вище 500 *К*. Провідність максимальна для E ∥ a (крива 1), тобто вздовж напрямку обох типів структурних каналів, що містять вузли Li1,2 [5,6]. Для E ∥ c електричне поле паралельне лише одному типу структурних каналів з вузлами Li2 і провідність помітно нижче (крива 3). Структурних каналів немає вздовж осі b і σ є мінімальною для E ∥ b (крива 2).

Порівняння даних на рис. 1 з анізотропією σ у номінально чистому $Li_2Ge_7O_{15}$ кристалі свідчить, що легування Al досить збільшує провідність вздовж осі a і осі c і практично не змінює провідності вздовж осі b.

На вставці до рис. 1 показані залежності діелектричної проникності $\varepsilon(T)$ для E ∥ a, b, c, виміряні при f=1kHz. Можна помітити, що при нагріванні діелектрична проникність нелінійно зростає, що є найбільш вираженим уздовж структурних каналів (E ∥ a, c). Такі залежності можуть бути приписаними мобільним носіям заряду, що сприяють збільшенню ємності зразків.

[1] M. D. Volnyanskii, A. A. Nesterov, and M. P. Trubitsyn, Phys. Solid State 54 (5), 945 (2012).
[2] O. O. Nesterov et al., Acta Phys. Pol. A 133 (4), 892 (2018).
[3] O. Nesterov, in Nanocomposites, Nanostructures, and Their Applications, Springer Proceedings in Physics, edited by O. Fesenko and L. Yatsenko (Springer, 2019), Vol. 221, p. 85, Chapter 6.
[4] M. Volnyanskii, O. Nesterov, and M. Trubitsyn, Ferroelectrics 466, 126 (2014).
[5] H. Vollenkle, A. Wittmann, and H. Nowotny, Monatch. Chem. 101, 46 (1970).
[6] Y. Iwata et al., J. Phys. Soc. Jpn. 56 (7), 2420 (1987).

ELECTRICAL PROPERTIES OF $Li_2Ge_7O_{15}$ CRYSTALS DOPED WITH Al

A. Krivchenko, M. Trubitsyn
Oles Honchar Dnipro National University
anastasiyareisman17041997@gmail.com

Electrical properties were studied in single crystal and polycrystalline lithium heptagermanate doped with Al. In $Li_2Ge_7O_{15}$:Al conductivity σ showed strong anisotropy. Doping with Al increased σ significantly along *a* and *c* axes. The effect of doping was explained under assumption that Al^{3+} substituted for Ge^{4+} ions. Excess charge introduced by Al was compensated by Li interstitials (A_{Li}). Heterovalent doping $Al^{3+}(Ge^{4+})$ increased concentration of mobile A_{Li}. The effect of Al doping on conductivity was compared for $Li_2Ge_7O_{15}$ poly- and single crystal.

ВПЛИВ ДОМІШОК НА ФОТОІНДУКОВАНІ ЕФЕКТИ В МОНОКРИСТАЛАХ $PbMoO_4$ ТА Pb_2MoO_5

О. Балагуров, М. Трубіцин
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
alex19bal@gmail.com

Кристали $PbMoO_4$ та Pb_2MoO_5 привертають увагу завдяки акустооптичним властивостям. Недоліками обох кристалів є жовте забарвлення та фотохромний ефект. Існують моделі щодо власних та фотоіндукованих центрів у $PbMoO_4$, які відповідають за ці недоліки. Однією з найбільш обґрунтованих є гіпотеза про утворення нанокластерів Pb^{3+}-$(MoO_4)^{3-}$ в результаті УФ-опромінення, що збуджує люмінесценцію в $PbMoO_4$ [1].

Цю роботу присвячено вивченню впливу легування на фотохромні та фотодіелектричні ефекти у кристалах $PbMoO_4$ та Pb_2MoO_5, індуковані УФ-опроміненням. Раніше в [2] обговорювався фотохромний ефект у $PbMoO_4$ в результаті перезарядки центрів за схемою: $Mo^{6+} + Pb^{2+} \leftrightarrow Mo^{5+} + Pb^{3+}$. Фотодіелектричний ефект викликає появу релаксаційного максимуму на температурній залежності діелектричної проникності ε. Ми пов'язуємо це з виникненням дипольного моменту в аніонних групах $(MoO_3)^-$, які утворюються шляхом захоплення фотоелектрона іонами молібдену в середині тетраедрів, спотворених наявністю вакансії кисню [3]. Для уточнення цих гіпотез ми вивчали вплив домішок, що заміщують іони свинцю, на оптичні та електричні властивості кристалів $PbMoO_4$ та Pb_2MoO_5.

Монокристали $PbMoO_4$ та Pb_2MoO_5 вирощували за методом Чохральського з використанням особливо чистих реактивів та платинових тиглів. Кристали легували як елементами зі стабільною електронною конфігурацією (Ga^{3+}, Bi^{3+}, Mg^{2+}, Ba^{2+}), так і елементами перехідних груп (Gd^{3+} та Cu^{2+}). Вирощені монокристали вивчали методами

діелектричної, оптичної та ЕПР-спектроскопії. Результати обговорюються в рамках представлених моделей.

[1] Van Loo W. Luminescence of Lead Molybdate and Lead Tungstate // Phys. Stat. sol. (a).-1975.-**27**.-P. 565-674.
[2] Bochkova T. M., Volnyanski M. D., Volnyanski D. M., Shchetinkin V. S. Color centers in lead molybdate crystals // Physics of the Solid State.-2003.-**45**.-P. 244–247.
[3] Bochkova T. M., Trubitsyn M. P., Volnyanskii M. D., Bondar D. S., Volnyanskii D. M.. Phenomena induced by UV irradiation in $PbMoO_4$ single crystal // Journal: Molecular Crystals and Liquid Crystals.-2020 .

THE INFLUENCE OF THE IMPURITIES ON THE PHOTOINDUCED EFFECTS IN $PbMoO_4$ AND Pb_2MoO_5 SINGLE CRYSTALS

O. Balahurov, M. Trubitsyn
Oles Honchar Dnipro National University
alex19bal@gmail.com

UV induced photochromic and photodielectric effects were studied in doped $PbMoO_4$ and Pb_2MoO_5 crystals. The photodielectric effect causes the appearance of a relaxation maximum on the temperature dependence of permittivity. It is associated with arising of the dipole moment in anionic groups $(MoO_3)^-$, which are formed by molybdenum ions capturing a photoelectron and located within tetrahedra distorted by an oxygen vacancy [3]. The grown single crystals were studied using dielectric, optical, and EPR spectroscopy. The results are discussed in the framework of the presented models.

ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ НИЗЬКОВОЛЬТНОЇ ВАРИСТОРНОЇ КЕРАМІКИ НА ОСНОВІ SnO_2 З ДОБАВКАМИ Cr_2O_3 ТА Bi_2O_3

О. Савченко, А. Кротенко, І. Скуратовський
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара
tito53sa@gmail.com

Діоксид олова для виготовлення варисторної кераміки досліджується досить давно [1, 2]. Новий сплеск інтересу до 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 виготовлено ряд складів варисторної кераміки з добавками Co_3O_4, Sb_2O_5 та різним вмістом добавки Cr_2O_3 та Bi_2O_3 і досліджено їх електричні властивості.

Механізм електропровідності варисторної кераміки базується на моделі переносу заряду через потенціальні бар‘єри на межах зерен, при чому висота потенціальних бар‘єрів досить істотно зменшується зі зростанням напруги на варисторній ділянці ВАХ.

Було отримано дві групи зразків. Перша група (див. таб. 1) була отримана 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. Друга група (див. таб. 2) була отримана зі збільшенням часу випалу 1,5 годин.

Електричні параметри отриманих груп зразків кераміки наведені в таб. 1 та таб. 2 відповідно.

Таблиця 1

Електричні параметри досліджуваної кераміки системи SnO_2 – 3 мол.% Co_3O_4 – 0,05 мол.% Cr_2O_3 – 0,95 мол.% Sb_2O_5 з добавкою Bi_2O_3

Добавка Cr_2O_3, мол. %	Добавка Bi_2O_3, мол. %	β	E_1, В см$^{-1}$	σ, Ом$^{-1}$	α, см В$^{-1}$
0,05	0,8	4,78	680	1,51 10^{-6}	0,00557
	0,9	2,22	128	2,94 10^{-5}	0,00165
	1,0	2,20	73	6,01 10^{-5}	0,00953

Таблиця 2

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 Bi_2O_3, мол. %	Добавка Cr_2O_3, мол. %	β	E_1, В см$^{-1}$	σ, Ом$^{-1}$	α, см В$^{-1}$
0,9	0,03	3,47	50	1,38 10^{-5}	0,069
	0,07	4,05	151	8,96 10^{-6}	0,0268
1,0	0,03	2,24	247	6,93 10^{-6}	0,0091
	0,07	1,55	324	7,97 10^{-7}	0,0048

З даних таблиці видно, що зі зростанням вмісту добавки оксиду вісмуту коефіцієнт нелінійності вольт-амперної характеристики зменшується, що пов'язано з істотним зменшенням класифікаційної напруженості електричного поля.

Мінімальне значення класифікаційної напруженості поля для кераміки складає 50 В см$^{-1}$ при вмісті оксиду вісмуту 0.9 мол. % та оксиду хрому 0.03 мол. %. Неомічні властивості кераміки порівнювались за допомогою показника нелінійності α [2], що дорівнює відношенню коефіцієнта нелінійності β до класифікаційної напруженості електричного поля E_1. Для складу з вмістом оксиду вісмуту 0.9 мол. % та оксиду хрому 0.03 мол. % цей параметр має максимальне значення α = 0.069 см В$^{-1}$.

[1] Pianaro S. A., Bueno P. R., Longo E., Varela J. A. A new SnO_2-based varistor system // Journal of Material Science Letters. Vol. 14, № 10. (1995) P. 692-694.

[2] Glot A. B., Skuratovsky I. A. Non-Ohmic conduction in tin dioxide based varistor ceramics // Materials Chemistry and Physics. Vol. 99, № 2–3. (2006) P. 487-493.

[3] 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 PROPERTIES OF LOW VOLTAGE SnO_2 BASED VARISTOR CERAMICS WITH ADDITION OF Cr_2O_3 AND Bi_2O_3

O. Savchenko, A. Krotenko, I. Skuratovsky
Oles Honchar Dnipro National University
tito53sa@gmail.com

The tin dioxide-based ceramics in the system SnO_2-Bi_2O_3-Co_3O_4-Cr_2O_3 are obtained by the conventional mixed oxides route. The electrical properties of these materials are studied.

Voltage-current characteristics of ceramics are studied in respect of different amount of chromium oxide in the range of 0,03 – 0,07 mol.% and bismuth oxide in the range of 0,8 – 1 mol.%.

It was shown, that addition of Bi_2O_3 reduces an electrical field from E_1 = 680 V cm^{-1} to E_1 = 50 V cm^{-1}. Maximal nonlinearity coefficient (β = 4,78) for ceramics with 0.05 mol. % of Cr_2O_3 and 0.8 mol. % of Bi_2O_3, and relatively not high for SnO_2-based systems value E_1 = 50 V cm^{-1} was obtained.

AN ADDITIONAL MECHANISM FOR DIRECT PHOTONS GENERATION IN A DENSE MEDIUM WITH A MAGNETIC FIELD AND NON-ZERO TEMPERATURE

E. Reznikov, V. Skalozub
Oles Honchar Dnipro National University
reznikovev1988@gmail.com

High-energy particle collision studies revealed the insufficiency of the known mechanisms of generation of direct photons. The experimentally measured luminosity of the plasma exceeds the theoretically calculated one. [1]

Because of violation of the Furry theorem, in the plasma the new type phenomena have to be inspired. Among them the creation of induced charges, and the generation of corresponding classical potential [2,3]. Also the generation of three-photon vertexes have to be expected, which result, in particular, in plasmon splitting in two real photons, inelastic scattering of photons on the plasma. These are the distinguishable signals of the plasma formation. Moreover plasmon splitting is one of new mechanisms of generation of direct photons.

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.

ІМПЕДАНСНА СПЕКТРОСКОПІЯ НАНОКОМПОЗИТУ ОПАЛ-$NaBi(MoO_4)_2:Gd^{3+}$

Халіл J. Хамам[1], Біляль Абу Сал[1], В. Моісеєнко[2], О. Огієнко[2], М. Дергачев[2]
[1]*Applied Physics Department Faculty of Science, Tafila Technical University P.O. Box 40, Al-Eis 66141, Tafila – Jordan*
[2]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
vnmois@ukr.net

Монокристали $NaBi(MoO_4)_2$, які леговані іонами рідкісноземельних елементів, являються перспективними матеріалами для твердотільних лазерів і потребують всебічного вивчення. Кристали невпорядковані у розподілі іонів Na^+ та Bi^{3+} по двох нерівнозначних положеннях, тоді як іони гадолінію Gd^{3+} займають положення вісмуту [1]. Зразки нанокомпозиту були виготовлені шляхом введення розплаву кристалу $NaBi(MoO_4)_2:Gd^{3+}$ в пори опалової матриці. Зразки для вимірювань комплексної електропровідності було виготовлено за допомогою пресування порошку нанокомпозиту при кімнатній температурі в круглі таблетки, на поверхні яких методом термічного розпилення у вакуумі наносились електроди з срібла. Реальні та уявні компоненти комплексного імпедансу, а також фазовий зсув вимірювали в діапазоні частот від 1 Гц до 1 МГц та температурному діапазоні від 290 К до 390 К за допомогою аналізатора імпедансу Solartron-1260. Прикладений сигнал напруги мав амплітуду 0,2 В з точністю до 0,1%. Досліджено температурно-частотні залежності електропровідності нанокомпозиту опал-$NaBi(MoO_4)_2:Gd^{3+}$ методом імпедансної спектроскопії. Зразки нагрівали, а потім охолоджували за один цикл. Годографи імпедансу (графіки Найквіста) для нанокомпозиту мали вигляд недеформованих півкіл, центри яких знаходились нижче вісі абсцис, що вказує на відхилення від ідеальної поведінки Дебая і характерно для іонних провідників. Встановлено, що об'ємну провідність можна описати рівнянням Арреніуса з енергією активації E_a = 0,17 еВ. Тип механізму провідності в нанокомпозиті визначали з частотної залежності провідності, описаної як $\sigma(\omega)=\sigma(0)+A\omega^n$, де n зменшується з 0,99 до 0,77 зі збільшенням температури. Це підтверджує стрибковий механізм провідності в нанокомпозиті. Отримані результати дозволяють припустити, що електропровідність нанокомпозиту в основному є іонною і зумовлена міграцією іонів

кисню (O^{2-}) та катіонів Na^+. Не можна також виключити внесок стрибкової провідності електронів по домішковій зоні.

[1] Рядун А.А., Надолинный В.А., Цыдыпова Б.Н., Павлюк А.А. ЭПР и фотолюминесценция кристаллов $NaBi(MoO_4)_2$, активированных ионами гадолиния Физика твердого тела Т.57, №6. (2015) с. 1168-1171.

IMPEDANCE SPECTROSCOPY OF NANOCOMPOSITE OPAL-$NaBi(MoO_4)_2$:Gd^{3+}

Khalil J. Hamam[1], Bilal Abu Sal[1],
V. Moiseyenko[2], O. Ohiienko[2], M. Derhachov[2]
[1]*Applied Physics Department Faculty of Science, Tafila Technical University P.O. Box 40, Al-Eis 66141, Tafila – Jordan*
[2]*Oles Honchar Dnipro National University*
vnmois@ukr.net

In this work, we studied the properties of conductive of opal-$NaBi(MoO_4)_2$:Gd^{3+} nanocomposite by impedance spectroscopy. Impedance hodographs (Nyquist graphs) for the nanocomposite had the form of undeformed semicircles, the centers of which were below the abscissa, which indicates a deviation from the ideal Debye behavior and is characteristic of ionic conductors. It was found that the bulk conductivity can be described by the Arrhenius equation with activation energy $E_a = 0.17$ eV. The type of conductivity mechanism in the nanocomposite was determined from the frequency dependence of the conductivity described as $\sigma(\omega) = \sigma(0) + A\omega^n$, where n is decreasing from 0.99 to 0.77 as the temperature increases. This confirms the hopping mechanism of conductivity in the nanocomposite. The obtained results suggest that the conductivity of the nanocomposite is mainly ionic and is due to the migration of oxygen ions (O^{2-}) and Na^+ cations. The contribution of the jumping conductivity of electrons in the impurity zone cannot be ruled out either.

РЕЛАКСАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ У НАПІВПРОВІДНИКАХ

О. Соколовський[1], С. Соколовський[2], О. Грінішин[1]
[1]*Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара*
[2]*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури*
alexander.i.sokolovsky@gmail.com

Напівпровідник розглядається як просторового-однорідна розріджена нерівноважна система електронів, які взаємодіють з рівноважною системою фононів. Електрон-фононна взаємодія описується гамільтоніаном Фреліха. Зонною структуру системи нехтуємо, орієнтуючись на дослідження релаксаційних процесів з принципової точки зору. Йдеться про процес вирівнювання температур і швидкостей двох підсистем.

Кінетичне рівняння в моделі, яка тут розглядається, виводилось низкою авторів і має вигляд

$$\partial_t \mathrm{f}_p(t) = -F_n \frac{\partial \mathrm{f}_p(t)}{\partial p_n} + I_p(\mathrm{f}_{p'}(t)), \qquad (F_n = -eE_n, \qquad \int d^3p \mathrm{f}_p(t) = n), \tag{1}$$

де E_n – зовнішнє електричне поле, e – модуль заряду електрона, n – густина електронів. Конкретний вигляд інтегралу зіткнень для нас не має значення. Теорія будується в термінах спектральної теорії оператора інтеграла зіткнень $\mathbf{K}$, який визначається формулою $\hat{K}a_p = -w_p^{-1} I_p(w_{p'} a_{p'})$ (w_p – розподіл Максвелла; $I_p(w_{p'}) = 0$). Відомо, що цей лінійний оператор симетричний і позитивно визначений. Повну ортонормовану систему його власних функцій g_{ip} використовуємо, досліджуючи розв'язки кінетичного рівняння (1) у вигляді розвинення за модами системи

$$\mathrm{f}_p = w_p(1 + g_p), \qquad g_p = \sum_i c_i g_{ip}. \tag{2}$$

В якості власних функцій використовуємо незвідні поліноми. Серед власних функцій визначальну роль мають скалярна A_p і векторна $B_p p_l$ власні функції та відповідні власні значення λ_T, λ_u

$$\mathbf{K}A_p = \lambda_T A_p, \qquad \mathbf{K}B_p p_l = \lambda_u B_p p_l \qquad (\langle A_p \varepsilon_p \rangle \equiv 3n/2, \quad \langle B_p \varepsilon_p \rangle \equiv 3n/2) \tag{3}$$

(останні два вирази тут – середні з розподілом Максвелла, які роблять означення цих власних функцій однозначним).

Зручно досліджувати релаксаційні процеси в системі в термінах середніх густин енергії ε та імпульсу π_l електронів. Встановлено, що їх еволюція точно описується за всіх часів скалярною і векторною модами

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + c_T 3n/2, \qquad \pi_l = mnc_{u_l} \qquad (\varepsilon_0 \equiv 3nT/2), \tag{4}$$

де c_T, c_{u_l} – коефіцієнти у розвиненні (2) при власних функціях A_p, $B_p p_l$ (m – маса електрона, T_0 – температура системи іонів). Показано, що величини ε і π_l точно і за всіх часів при довільному електричному полі E_n задовольняють рівняння

$$\partial_t \pi_l = nF_l - \lambda_u \pi_l, \qquad \partial_t \varepsilon = \frac{1}{m}\pi_l F_l - \lambda_T(\varepsilon - \varepsilon_0). \tag{5}$$

Результати (4), (5) вдалося довести завдяки використанню в якості власних функцій оператора $\mathbf{K}$ незвідних поліномів (раніше це було запропоновано в нашій роботі [1]). Формули (5) показують, що за власні значення λ_T, λ_u за відсутності електричного поля описують релаксацію

$$\varepsilon \xrightarrow[t \gg \tau_T]{} \varepsilon_0, \qquad \pi_l \xrightarrow[t \gg \tau_u]{} 0 \qquad (\tau_T \equiv 1/\lambda_T, \qquad \tau_u \equiv 1/\lambda_u). \tag{6}$$

В термінах температури T і швидкості u_l системи електронів

$$\varepsilon \equiv 3nT/2 + mnu^2/2, \qquad \pi_l \equiv mnu_l \tag{7}$$

рівняння (5) набувають вигляду

$$\partial_t T = -\lambda_T(T - T_0) + (2\lambda_u - \lambda_T)mu^2/3, \qquad \partial_t u_n = -\lambda_u u_n + \frac{1}{m}F_n \tag{8}$$

Ці рівняння точні і справедливі за всіх часів. Цікаво, що перше рівняння не містить електричного поля. В рівноважному стані рівняння (8) дають

$$u_n(t) \underset{t>>\tau_T,\tau_u}{=} u_n^{eq}, \quad u_n^{eq} = -\nu E_n, \quad \nu \equiv \frac{e}{m\lambda_u};$$
$$T(t) \underset{t>>\tau_T,\tau_u}{=} T^{eq}, \quad T^{eq} = T_0 + \Delta T, \quad \Delta T \equiv \frac{e^2(2\lambda_u - \lambda_T)}{3m\lambda_T\lambda_u^2} E^2 \tag{9}$$

Вираз для рухливості електронів ν у (9) точний. Остання формула точно описує ефект відмінності температур електронної і фононної компонент напівпровідника у рівновазі за наявності електричного поля. Цей ефект раніше обговорювався в роботі [2] як наближений результат і без контролю точності.

[1] Sokolovsky A.I., Sokolovsky S.A., Hrinishyn O.A. On relaxation processes in a completely ionized plasma. East European Journal of Physics. Vol. 3 (2020). P. 19-30; doi.org / 10.26565/2312-4334-2020-3-03.
[2] Б.М. Смирнов. Кинетика электронов в газах и конденсированных системах. УФН Том 172 (12) (2002). С. 1411-1445.

RELAXATION PROCESSES IN SEMICONDUCTORS

O. Sokolovsky[1], S. Sokolovsky[2], O. Grinishin[1]
[1]*Oles Honchar Dnipro National University*
[2]*Prydniprovs'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture*
alexander.i.sokolovsky@gmail.com

Relaxation phenomena in spatially uniform semiconductors are investigated on the basis of a spectral theory of the collision integral operator using as its eigenfunctions the irreducible tensors. It is shown that evolution of the system in the terms of energy and momentum electron densities is described only by scalar and vector modes. It is proved that evolution of these variables is described by time equations which are valid for all times and in the presence of arbitrary electric field.

Наукове видання

Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем (MEICS-2020)

Тези доповідей
на V Всеукраїнській науково-практичній конференції:
25-27 листопада 2020 р., м. Дніпро

Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В.

Українською, англійською мовами

Матеріали рекомендовані до друку 19 листопада 2020 року: протокол № 4 від 19.11.2020 р. засідання Вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара

Підписано до друку 19.11.2020 р.
Укладачі Іванченко О. В., Вашерук О. В.
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Форма 60x90 1/8. Папір ксероксний. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. арк. 21,63.
Наклад 300 прим. Замовлення № 73-20

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.