

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА**

ФЕЕ :: 2013

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

(Суми, 22-27 квітня 2013 року)

**Суми,
Сумський державний університет
2013**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ :: 2013

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 22-27 квітня 2013 року)

Суми
Сумський державний університет
2013

Шановні колеги!

Третій рік поспіль факультетом електроніки та інформаційних технологій Сумського державного університету проводиться конференція «Фізика, електроніка, електротехніка». Головними принципами конференції є її відкритість і вільна участь для всіх учасників незалежно від віку, статусу та місця проживання. Оргкомітет планує й надалі не запроваджувати організаційного внеску за участь у конференції.

Важливою особливістю конференції є її технологічність та відмінні авторські сервіси завдяки веб-сайту конференції. Усі подані матеріали автоматично доступні для зручного перегляду на сайті та добре індексуються пошуковими системами. Це допомагає учасникам сформуванню своєї цільової аудиторії та є потужним фактором популяризації доробку авторів на довгі роки.

*Цього року ми щиро вдячні за матеріальну підтримку партнерам факультету ЕлІТ СумДУ: **Netcracker, Porta One, Эффективные решения та CompService.***

Усі питання та пропозиції Ви можете надіслати на електронну адресу, зазначену нижче.

E-mail: lyutyu@oeph.sumdu.edu.ua

Web: <http://elitconf.sumdu.edu.ua/index.php/electronics/fee13>

Секції конференції

1. Теоретична та експериментальна фізика.
2. Наноматеріали.
3. Фізична електроніка.
4. Фізичні процеси у матеріалах електроніки.
5. Електронне приладобудування.
6. Енергозбереження в електроенергетиці.
7. Електронні системи і засоби кодування інформації.

Голова оргкомітету –

проф. С.І. Проценко

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

СЕКЦІЯ 1 «ТЕОРЕТИЧНА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА»

Голова секції – д-р. фіз.-мат. наук, проф. Лопаткін Ю.М.
Секретар секції – асп. Бистрик Ю.С.

Початок: 23 квітня 2012 р., ауд. ЕТ 312, 13²⁵.

1. Термодинамічні властивості напівпровідникових сполук AgBiSe_2 , Bi_2Se_3 та BiSe ($T = 535\text{-}578\text{ K}$).

Автори: ст. викл. **Мороз М.В.**,
доц. Мороз В.М.,
доц. Вадець Д.І.

2. Обчислення коефіцієнта екстинкції з врахуванням анізотропії в орієнтації радіаційних дефектів.

Автори: доц. Яремій І.П.,
асп. **Томин У.О.**

3. Новий підхід до моделювання процесів дефектоутворення у монокристалах сульфіду цинку.

Автори: асп. Бересток Т.О.,
доц. Опанасюк А.С.,
школяр Єлісеєва А.Р.

4. Нелінійна теорія мультигармонічних взаємодій хвиль просторового заряду у пролітній секції супергетеродинного ЛВБЕ.

Автори: проф. Куліш В.В.,
доц. Лисенко О.В.,
асист. **Бруснік А.Ю.**,
студ. Биченко Г.В.

5. Нелінійна динаміка мультигармонічних хвиль у плазмово-пучковому супергетеродинному ЛВЕ Н-убітронного типу.

Автори: проф. Куліш В.В.,
доц. Лисенко О.В.,
ст. викл. Коваль В.В.,
студ. **Колоскова О.А.**

6. Вплив параметрів двошвидкісного релятивістського електронного пучка на форму спектра зростаючої хвилі просторового заряду.

Автори: проф. Куліш В.В.,
доц. Лисенко О.В.,
ст. викл. Ромбовський М.Ю.,
студ. **Волк Ю.Ю.**

7. Спектральна ідентифікація хелатування металів з антоціановими пігментами рослин.

Автори: пров. наук. співроб. **Феденко В.С.**,
мол. наук. співроб. Шемет С.А.

8. Влияние возбужденных конфигураций на спектроскопические характеристики $GdVO_4:Tm^{3+}$.

Авторы: доц. **Дунина Е.Б.**,
ассист. Фомичева Л.А.,
проф. Корниенко А.А.

9. Контроль ступеня очищення води за зміною густини струму під час електрохімічної активації.

Автори: доц. Бордун І.М.,
асп. **Пташник В.В.**,
студ. Наконечна О.М.

10. Расчет времени жизни мультиплета 3F_4 иона тулия в $\text{NaY}(\text{WO}_4)_2$.

Авторы: проф. Корниенко А.А.,
доц. **Дунина Е.Б.**,
ассист. Фомичева Л.А.

11. Энергетическая структура и механизм диссоциации молекулы пероксида водорода.

Авторы: студ. Малашенко А.Г.,
ассист. Сакун Т.Н.,
проф. Кондратенко П.А.,
проф. Лопаткин Ю.М.

12. Молекулярный польовий транзистор.

Авторы: асист. Сакун Т.Н.,
студ. Малашенко А.Г.,
проф. Кондратенко П.А.,
проф. Лопаткин Ю.М.

13. Лазерный эффект Гершеля в постійному електричному полі.

Авторы: асист. Півень Олександр Б.,
доц. Півень Олег Б.,
проф. Лопаткін Ю.М.

14. Дослідження зв'язування металів з ціанідом в інтактних рослинних тканинах.

Авторы: мол. наук. співроб. **Шемет С.А.**,
пров. наук. співроб. Феденко В.С.

15. Дослідження ємності конденсаторів поверхневого монтажу під час згинання друкованої плати.

Авторы: студ. **Кириченко М.В.**,
студ. Чапний Т.М.,
Керівник – проф. Денбновецький С.В.

16. Численное моделирование магнитной релаксации в двумерных решетках ферромагнитных наночастиц.

Автор – студ. Вертиков И.А.,
Руководитель – проф. Денисов С.И.

17. Динамика намагниченности в проводящих наночастицах с аномальным эффектом Холла.

Авторы: проф. Денисов С.И.,
доц. Лютый Т.В.,
студ. **Педченко Б.А.**

18. Реєстрація рентгенівського випромінювання молекулярними структурами на основі хлоридів (Pb) під дією електричного поля.

Автори: кер. НМВЕН Шовкопляс О.А.,
проф. Лопаткін Ю.М.,
проф. Кондратенко П.А.

19. Численное решение уравнения Ланжевена с цветной взаимной корреляцией между белыми шумами.

Автор – ст. преп. Витренко А.Н.

20. Дослідження законів розподілу акустичних сигналів після їх функціональних перетворень.

Автор – студ. Погребняк Р.С.
Керівник – асист. Берегун В.С.

21. О взаимодействии ртути с озоном.

Авторы: студ. Клименко Д.А.,
ст. преп. Шовкопляс О.А.,
проф. Лопаткин Ю.М.

22. Laws of anomalous superslow diffusion.

Authors: grad. stud. **Bystrik Yu.S.**,
prof. Denisov S.I.

23. Вращение ферромагнитной наночастицы в жидкости под действием циркулярно поляризованного магнитного поля.

Авторы: доц. **Лютый Т.В.**,
асп. Быстрик Ю.С.,
студ. Тищенко Д.С.,
проф. Денисов С.И.

24. Динамические режимы магнитного момента наночастицы в линейно поляризованном поле.

Авторы: доц. **Лютый Т.В.**,
проф. Денисов С.И.

СЕКЦІЯ 2 «НАНОМАТЕРІАЛИ»

Голова секції – д-р фіз.-мат. наук, проф. Погребняк О.Д.

Секретар секції – асп. Якущенко І.В.

Початок: 22 квітня 2013 р., ауд. ЕТ 216, 11²⁵.

1. Особливості електронної структури пустих графітних наночастинок.

Автори: мол. наук. співроб. **Ільків Б.І.**,
наук. співроб. Фоя О.О.,
наук. співроб. Петровська С.С.,
наук. співроб. Сергієнко Р.А.,
проф. Зауличний Я.В.

2. Ферромагнетизм у шаруватих кристалах InSe, інтеркальованих кобальтом.

Автори: мол. наук. співроб. Боледзюк В.Б.,
асп. **Кудринський З.Р.**,
проф. Ковалюк З.Д.

3. Синтез ієрархічних наноструктур цинк оксиду методом катодного імпульсного електроосадження.

Автори: студ. **Клепікова К.С.**,
доц. Ключко Н.П.,
проф. Хрипунов Г.С.,
доц. М'ягченко Ю.О.,
наук. співроб. Мельничук Є.Є.,
доц. Копач В.Р.,
наук. співроб. Любов В.Н.,
студ. Копач А.В.,

4. Размерная зависимость состава свободных кластеров N₂-Ar.

Автори: асп. **Конотоп А.П.**,
млад. науч. сотр. Данильченко А.Г.,
канд. физ.-мат. наук Коваленко С.И.,
д-р физ.-мат. наук Самоваров В.Н.,

5. Влияние отжига на структуру многослойных пленочных композиций C/Si.

Автори: асп. **Журавель И.А.**,
старш. науч. сотруд. Бугаев Е.А.,
студ. Конотопский Л.Е.,
старш. науч. сотруд. Зубарев Е.Н.,
млад. науч. сотруд. Севрюкова В.А.,
глав. науч. сотруд. Кондратенко В.В.

6. Влияние электронно-лучевой обработки (ЭЛО) поверхности на нанотвердость пленочно-порошковых покрытий.

Автори: канд. физ.-мат. наук Кравченко Ю.А.
студ. **Бабко И.И.**

7. Опис стану пластичної течії в аморфних тілах.

Автори: доц. Ющенко О.В.,
асп. Троцька Д.С.,
студ. **Курочка С.В.**

8. Аналіз кінетики руху наночастинок.

Автори: доц. Ющенко О.В.,
асп. Бадалян А.Ю.,
студ. **Браташ С.О.**

9. Аналіз режимів утворення пористих наноструктур.

Автори: доц. Ющенко О.В.,
ст. викл. Жиленко Т.І.,
студ. **Макашенець М.С.**

10. Трансформация энергии тонкопленочными металлическими наноструктурами. Молекулярно-динамическое моделирование.

Автори: млад. науч. сотруд. **Коноваленко Ив.С.**,
ведущ. науч. сотруд. Зольников К.П.,
млад. науч. сотруд. Коноваленко Иг.С.,
дир. Псахье С.Г.

11. Дослідження плівок $Zn_{1-x}Mn_xTe$ методом раманівської спектроскопії.

Автори: студ. **Шевченко М.С.**,
асп. Климов О.В.,
наук. спів. Курбатов Д.І.,
проф. Опанасюк А.С.

12. Особливості формування структури іонно-плазмових покриттів твердих розчинів квазібінарних карбідних і боридних систем.

Автор – кер. НМВЕН **Шовкопляс О.А.**

13. Псевдоморфний ріст аморфної фази при магнетронному розпиленні.

Автори: студ. **Коваль М.О.**,
доц. Космінська Ю.О.,
проф. Перекрестов В.І.

14. Квазірівноважна конденсація титану в накопичувальних іонно-плазмових системах.

Автори: студ. **Мисенко А.О.**,
доц. Космінська Ю.О.,
проф. Перекрестов В.І.
ст. викл. Корнющенко А.С.

15. Вплив електричного поля на ріст конденсатів при малих пересиченнях у системі плазма-конденсат.

Автори: студ. **Карчова О.В.**,
доц. Космінська Ю.О.,
ст. викл. Корнющенко А.С.,
проф. Перекрестов В.І.

16. Синтез и оптические свойства нанокристаллов CdS в желатиновой матрице при различном значении рН раствора.

Автор – асп. **Бошерниціан В.И.**

СЕКЦІЯ 3 «ФІЗИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА»

Голова секції – д-р фіз.-мат. наук, проф. Воробйов Г.С.
Секретар секції – асп. Пономарева Г.О.

Початок: 22 квітня 2013 р., ауд. ЕТ 314, 15⁰⁰.

1. Пульсові хвилі в медичних інформаційних системах.
Автор – студ. Крупка О.В.
Керівник – доц. Корнєв В.П.
2. Закономірності поведінки низькочастотної дисперсії на діелектричних спектрах шаруватих кристалів GaSe.
Автор – старш. наук. співроб. Флюнт О.Є.
3. К вопросу построения малогабаритных фильтров для телекоммуникационных систем.
Авторы: студ. **Гарбар А.А.**,
ст. преп. Рыбалко А.А.
4. Застосування НВЧ методів у вологометрії.
Автори: магістр. **Косинець І.І.**,
ст. преп. Рыбалко О.О.
5. Применение микроволновой сканирующей микроскопии в производстве наноконпонент.
Авторы: студ. **Кобрик А.А.**,
ст. преп. Рыбалко А.А.
6. Вплив протонів низьких енергій на параметри гетероструктури GaSe-InSe.
Автори: наук. співроб. **Сидор О.М.**,
наук. співроб. Сидор О.А.,
кер. від. Ковалюк З.Д.,
пров. наук. співроб. Дубінко В.І.

7. Автоматизована система збору даних та керування вакуумною установкою.

Автори: асист. **Мокренко О.А.**,
асп. Наталіч В.В.,
студ. Косаренко Н.В.

8. Розроблення блока збору даних електрокардіографа ЕКТ1Т-04.

Автори: асист. **Мокренко О.А.**,
студ. Феденко Н.О.

9. Влияние потока нейтронов на параметры сенсора давления.

Автор – асп. Ильин С.В.

10. Микропроцессорная система сбора и обработки аналоговых данных параметров работы ГДИ.

Авторы: асп. **Дорошенко Д.Ю.**,
доц. Рубан А.И.

11. К вопросу выбора оптимальной связи полей дифракционной решетки с поверхностной волной диэлектрического волновода.

Автор – магистр. Рыбалко Ю.А.
Руководитель – проф. Воробьев Г.С.

12. Экспериментальное исследование формирования пучка протонов в зондоформирующей системе с индивидуальными источниками питания четырех магнитных квадрупольных линз.

Авторы: проф. Воробьев Г.С.,
асп. **Пономарева А.А.**,
студ. Резник А.В.

13. Расчет модуляционной характеристики трехэлектродной аксиально-симметричной электронной пушки ЛБВ.

Авторы: млад. науч. сотруд. **Барсук И.В.**,
студ. Бондаренко А.М.,
проф. Воробьев Г.С.

14. Экспериментальное исследование электродинамических характеристик распределенно-связанных диэлектрических волноводов с металлическим экраном.

Авторы: доц. Кривец А.С.,
студ. **Номеровский В.В.**,
студ. Радько А.С.,
студ. Бондаренко П.С.

15. Численное моделирование электродинамических характеристик экранированных распределенно-связанных диэлектрических волноводов.

Авторы: асп. Дорошенко Д.Ю.,
студ. **Щетинина С.Ю.**,
студ. Михайличенко А.В.,
студ. Чернова Е.С.
Руководитель – доц. Кривец А.С.

16. Уменьшение времени отклика в нано-биосенсорах.

Автор – студ. Вакулка И.Ю.
Руководитель – доц. Чадюк В.О.

17. Пространственные и волноводные характеристики периодических металлодиэлектрических неоднородностей.

Авторы: проф. Воробьев Г.С.,
доц. Петровский М.В.,
студ. **Кучеренко А.П.**

СЕКЦІЯ 4
«ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ У МАТЕРІАЛАХ
ЕЛЕКТРОНІКИ»

Голова секції – канд. фіз.-мат. наук, асист. Чешко І.В.
Секретар секції – асп. Шабельник Ю.М.

Початок: 24 квітня 2013 р., ауд. Ц 326, 13⁰⁰

1. Електромеханічні властивості плівок інвару.

Автор – інж. **Тищенко К.В.**

2. Магніторезистивні властивості гранульованих плівкових сплавів на основі Au та Co.

Автори: асп. **Шабельник Ю.М.**,
студ. Шабельник Т.М.,
ст. викл. Пазуха І.М.,
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

3. Тензорезистивні властивості гранульованих плівкових сплавів на основі Ag і Co.

Автори: студ. **Запорожченко А.В.**,
асп. Шабельник Ю.М.,
ст. викл. Пазуха І.М.,
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

4. Тензорезистивні властивості гранульованих плівкових сплавів.

Автори: студ. **Єременко Ю.С.**,
асп. Шабельник Ю.М.,
доц. Шумакова Н.І.,
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

5. Вплив термообробки на магнітоопір тришарових плівкових систем на основі Co та Gd.

Автори: асп. Воробйов С.І.,
студ. **Шабельник Т.М.**
Керівник – проф. Черноус А.М.

6. Анізотропний магнітоопір у плівковій системі на основі кобальту і хрому.

Автор – асп. **Кондрахова Д.М.**,
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

7. Непружне тунелювання збуджених емісійних фотонів на наночастинках золота.

Автори: проф. Непійко С.,
проф. Шенхензе Г.,
доц. Одноворець Л.В.,
доц. Шумакова Н.І.,
магістр. Ярмак А.В.,
магістр. Шапко Д.В.

8. Тензоефект у магнітооптичних властивостях плівкових систем Fe/Pt/P та [Fe/Pt]₈/P.

Автори: ст. викл. Великодний Д.В.,
асист. **Чешко І.В.**,
асп. Макуха З.М.,
студ. Шумакова М.О.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

9. Процеси фазоутворення в надрешітці Pd/Fe та їх вплив на електрофізичні властивості.

Автор – асист. Ткач О.П.

10. Дослідження структурно-фазового стану і магніторезистивних властивостей плівкових систем на основі Co та Bi.

Автори: студ. **Костян І.М.**,
асп. Шутилева О.В.,
доц. Шпетний І.О.
Керівник – проф. Черноус А.М.

11. Дослідження магнітних властивостей плівкових систем на основі Co та Gd.

Автори: асп. **Воробйов С.І.**,
асп. Шутилева О.В.
Керівник – проф. Черноус А.М.

12. Формування функціональних елементів датчиків магнітного поля у вигляді спін-клапанних структур на основі Co, Au і Cu.

Автори: студ. **Циганок О.С.**,
студ. Гребинаха В.І.
Керівник – асист. Чешко І.В.

13. Дослідження плівок CZTSe методом μ -PIXE.

Автори: асп. Коваль П.В.,
доц. Пономарьов О.Г.,
студ. **Нагорний С.С.**
Керівник – доц. Опанасюк А.С.

14. Моделювання RBS-спектрів сполуки $Cu_2ZnSnSe_4$.

Автори: асп. Коваль П.В.,
наук. співроб. Курбатов Д.І.,
студ. **Мальченков С.М.**
Керівник – доц. Опанасюк А.С.

15. Отримання плівок SnO_2 хімічним методом.

Автори: студ. **Мєшков А.М.**,
асп. Бересток Т.О.,
чл.-кор. НАН України Суходуб Л.Ф.

16. Плівки SnS , отримані методом спреї-піролізу.

Автори: студ. **Саган О.Ю.**,
асп. Доброжан О.А.,
доц. Опанасюк А.С.

17. Структурні властивості тонких плівок ZnO , отриманих методом спреї-піролізу.

Автори: асп. Доброжан О.А.,
студ. **Авраменко О.С.**,
доц. Опанасюк Н.М.

18. Субструктурні особливості плівок $\text{Zn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{S}$.

Автори: студ. **Лободюк М.О.**,
асп. Климов О.В.,
доц. Опанасюк Н.М.

19. Магніторезистивні властивості структур на основі Fe і V.

Автори: ст. викл. Гричановська Т.М.,
асп. **Шешеня Л.А.**

20. Свічення плівок срібла при їх бомбардуванні повільними електронами.

Автори: наук. співроб. **Маркович Л.М.**,
наук. співроб. Лінтур М.І.,
наук. співроб. Подгорецька Г.Ю.,
проф. Поп С.С.

21. Емісія фотонів при взаємодії електронів з поверхнею плівки $\text{Bi/As}_2\text{S}_3$.

Автори: наук. співроб. **Лінтур М.І.**,
наук. співроб. Маркович Л.М.,
наук. співроб. Приходько М.В.,
проф. Поп С.С.

22. Магнітоопір надтонких плівок сплаву CoNi .

Автори: проф. Лобода В.Б.,
доц. **Шкурдода Ю.О.**,
асп. Коломієць В.М.,
ст. викл. Кравченко В.О.,
асп. Кулик С.Г.

23. Вплив температури підкладки та подальшого відпалювання на ГМО тришарових плівок Co/Cu/Fe/Pt .

Автори: проф. Лобода В.Б.,
доц. Шкурдода Ю.О.,
асп. **Коломієць В.М.**,
доц. Хурсенко С.М.

24. Ефект Холла в шаруватих кристалах інтеркальованих сріблом.

Автори: проф. Шабатура Ю.В.,
доц. Середюк Б.О.,
наук. співроб. Бужук Я.М.,
наук. співроб. Борисюк А.К.

25. Тензорезистивні властивості систем на основі плівок Ni та Ag .

Автори: ст. викл. Гричановська Т.М.,
асп. Грищук О.С.,
канд. техн. наук. Головатий М.О.

26. The effect of annealing on the magnetoresistive properties of $(\text{FeNi})_x\text{Co}_{1-x}$ thin films.

Authors: PhD stud. Lytvynenko Ya.M.,
stud. Siruk V.A.

Supervisor – Associate prof. Shpetnyi I.O.

27. Утворення плівкових твердих розчинів в приладових структурах на основі Co і Cu або Ag.

Автори: студ. Гричановська О.А.,

28. Магнітооптичні властивості плівкових багатошарових структур на основі Fe, Co, Au і Cu.

Автори: студ. **Костенко М.В.**,
студ. Негрійко С.О.

Керівник – асист. Чешко І.В.

29. Особливості формування впорядкованих масивів наночастинок FeNi.

Автори: асп. Костюк Д.М.,
асист. Демиденко М.Г.,
студ. Возний А.А.,
студ. Левченко О.М.

Керівник – проф. Проценко С.І.

30. Електрофізичні властивості плівкових систем на основі Au та Fe.

Автори: студ. Бунковська Т.С.,
асп. Шабельник Ю.М.,
ст. викл. Пазуха І.М.

31. Розмірні залежності магнітооптичних властивостей нанорозмірних плівок Co.

Автори: асп. Костюк Д.М.,
асист. Демиденко М.Г.,
студ. Боюн А.В.,
Керівник – проф. Проценко С.І.

СЕКЦІЯ 5
«ЕЛЕКТРОННЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

Голова секції – канд. фіз.-мат. наук, доц. Однодворець Л.В.
Секретар секції – асп. Власенко О.В.

Початок: 24 квітня 2013 р., ауд. Ц3256, 13⁰⁰

1. Чутливий елемент датчика магнітного поля на основі плівок Fe і Ge.

Автори: магістр. **Удод Ю.С.**,
асп. Власенко О.В.,
доц. Однодворець Л.В.

2. Магнітооптичні властивості приладових структур феромагнетик/напівпровідник.

Автори: асп. **Власенко О.В.**,
студ. Стельмах Є.В.,
доц. Однодворець Л.В.

3. Магніторезистивні властивості гранульованих плівкових сплавів на основі Fe і Ag як чутливих елементів датчиків.

Автори: асп. **Пилипенко О.В.**,
студ. Корольов М.М.,
доц. Однодворець Л.В.

4. Лабораторний стенд для дослідження вольт-амперних характеристик світлодіодів.

Автори: студ. **Листопад О.О.**,
студ. Ігнатков А.В.,
студ. Кротченко М.І.,
зав.лаб. Лободюк О.С.
Керівник – доц. Одноворець Л.В.

5. Віртуальна лабораторна робота «Дослідження термічного коефіцієнта опору».

Автор – інж. **Тищенко К.В.**

6. Термічна стабільність магнітних характеристик спінвентильних систем.

Автори: студ. **Хромов І.А.**,
мол. наук. співроб. Федченко О.В.

7. Прекурсори напівпровідникових сполук для тонкоплівкових сонячних елементів.

Автори: студ. **Момотенко О.В.**,
доц. Клочко Н.П.,
проф. Хрипунов Г.С.,
проф. Волкова Н.Д.,
доц. Копач В.Р.,
наук. співр. Любов В.Н.

8. Чутливі елементи перетворювачів тиску на основі шаруватих інтеркальованих кристалів InSe, GaSe і Bi₂Te₃.

Автори: асп. **Кудринський З.Р.**,
проф. Ковалюк З.Д.,
проф. Волкова Н.Д.

9. Резонаторный измерительный преобразователь с запредельной частью для влагометрии сыпучих материалов.

Автор – ст. преп. **Полетаев Д.А.**

10. Автоматизированный вибрационный магнитометр с электромагнитом конструкции Пузея.

Автор – д-рант **Великанов Д.А.**

11. Зниження ресурсовитрат мереж на кристалі шляхом застосування квазіоптимальних топологій.

Автор – асист. **Романов О.Ю.**

12. Мережі на кристалі для багатоядерних систем.

Автор – студ. **Мартинова А.А.**,
Керівник – асист. Романов О.Ю.

13. Волоконно-оптичний датчик для вимірювання рівня рідини.

Автор – студ. **Фолюшняк В.В.**,
Керівник – ст. викл. Лисенко О.І.

14. Параллельные вероятностные преобразования данных

Автори: асп. **Бейнер П.С.**,
асп. Бейнер Н.В.

15. Магнітні властивості спінових вентилів з термокерованим обміном.

Автори: асп. **Шабельник І.М.**,
канд. фіз.-мат. наук Кравець А.Ф.

16. Технология создания встроенных в основу печатной платы компонентов.

Автор: студ. **Осмоловский С.А.**,
Руководитель – проф. Цыганок Б.А.

17. Розрядні параметри та імпеданс джерел струму $\text{Li/Cu}_4\text{V}_5\text{S}_{10}$.

Автори: старш. наук. співроб. **Мінтянський І.В.**,
кер.від. Ковалюк З.Д.,
старш. наук. співроб. Савицький П.І.

18. Аналіз похибок оптико-електронного засобу вимірювання вологості газів.

Автори: старш. наук. співроб. **Іоніна К.Ю.**,
проф. Білинський Й.Й.

19. Датчик вологості сыпучих матеріалів на основі коаксіального резонаторного измерительного преобразователя.

Автори: ст. преп. **Полетаев Д.А.**,
студ. Баша К.А.

20. Модель для расчета теплового режима кристалла светодиода.

Автори: студ. **Романова И.И.**,
проф. Руденко Н.Н.

21. Пристрій електронної розвідки з дистанційним керуванням.

Автор – студ. **Ластовець С.О.**
Керівник – ст. викл. Лисенко О.І.

22. Радіолокаційно-вихрострумівий метод обробки сигналів георадарів.

Автор – студ. **Абрамович А.О.**

СЕКЦІЯ 6
«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

Голова секції – канд. техн. наук., доц. Лебединський І.Л.
Секретар секції – асп. Качан М.В.

Початок: 26 квітня 2013 р., ауд. М 310, 13²⁵.

1. Особливості моделювання систем електропостачання.

Автори: доц. Ноздренков В.С.,
студ. **Іванов О.О.**

2. Досвід та перспективи використання реклоузерів.

Автори: доц. Василега П.О.,
доц. Муріков Д.В.,
студ. **Шведченко В.Ф.**

3. Методы улучшения качества электрической энергии.

Авторы: доц. Лебединський І.Л.,
д-рант Романовський В.І.,
асп. **Качан М.В.**

4. Розрахунок впливу несиметричних режимів роботи розподільних мереж 0,38 кВ на якість електропостачання.

Автори: д-рант Романовський В.І.,
ст. лаборант **Макуха Д.М.**

5. Удосконалення електропривода.

Автори: доц. Муріков Д.В.,
доц. Василега П.О.,
студ. **Ткаченко Я.Є.**,
студ. **Ткаченко В.А.**

6. Осветительное устройство модульного типа.

Автори: ст. преп. **Полетаєв Д.О.**,
инж. Бахов В.А.,
асп. Соколенко Б.В.

7. Расчёт и построение зоны грозозащиты объекта при помощи ЭВМ.

Автори: доц. Петровский М.В.,
студ. **Герасименко А.И.**

8. Метод розрахунку параметрів електромагнітного поля лінії електропередач.

Автори: доц. Волохін В.В.,
студ. **Скотаренко М.А.**

9. Вибір вітроенергетичної установки для живлення електроенергією машинобудівного корпусу СумДУ.

Автори: асист. Лебедка С.М.,
студ. **Дяговченко І.М.**

10. Тривимірне моделювання електричних полів багатоелектро-дних систем.

Автори: доц. Петровський М.В.,
студ. **Шведченко В.Ф.**,
студ. **Федірка С.В.**

11. Розрахунок параметрів фільтрокомпенсуючих пристроїв для підвищення якості електричної енергії.

Автори: асист. Лебедка С.М.,
студ. **Вольвач Р.С.**,
студ. **Антощенко Ю.В.**

**СЕКЦІЯ 7 «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ І ЗАСОБИ
КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ»**

Голова секції – д-р техн. наук, проф. Борисенко О.А.

Секретар секції – асп. Скордіна О.М.

Початок: 26 квітня 2013 р., ауд. ЕТ 236, 13⁰⁰.

1. Алгоритм счета чисел Фибоначчи.

Автори: проф. Борисенко А.А.,
асп. **Маценко С.М.**,
студ. Сиряченко В.В.

2. Биномиальное сжатие индексов в базах данных.

Автори: ассист. Костель С.В.,
студ. **Саган А.Ю.**

3. Перетворення двійкових чисел в біноміальні.

Автори: проф. Борисенко О.А.,
асп. **Іванчук О.В.**,
студ. Чередніченко Е.В.

4. Коды на перестановках в телекоммуникационных сетях.

Автори: проф. Борисенко А.А.,
ассист. **Горячев А.Е.**,
студ. Полковников С.И.

5. Моделювання вольт-амперних характеристик сонячних елементів на основі гетеропереходів n-ZnS/p-CdTe і n-CdS/p-CdTe.

Автори: доц. Опанасюк А.С.,
асп. Бересток Т.О.,
студ. **Лопатка Р.В.**

6. Оптичні витрати в сонячних елементах на основі гетеропереходу n-ZnS/p-CdTe.

Автори: наук. співроб. Курбатов Д.І.,
асп. Доброжан О.А.,
студ. **Кривенко І.А.**

7. Оценка помехоустойчивости распределителя одиночных импульсов.

Авторы: проф. Борисенко А.А.,
ассист. **Гутенок Д.В.**,
студ. Антонченко А.Н.

8. Способ кодирования информации с внутренней синхронизацией.

Авторы: инж. Шабанов М.В.,
ст. преп. **Полетаев Д.А.**

9. Адаптивная СПД на основе кода Бауэра.

Авторы: ст. преп. Протасова Т.А.,
студ. **Дьяченко А.В.**

10. Электронная система нормализации изображения с применением датчика на PIN-диоде.

Авторы: доц. Лопатченко Б.К.,
студ. **Лалин А.С.**

11. Організація прямих телевізійних трансляцій через мережу Інтернет.

Автори: доц. Зубань Ю.О.,
асп. **Крючко Е.В.**

12. Алгоритм преобразования биномиальных комбинаций в квазиравновесные.

Авторы: ассист. Скордина Е.М.,
студ. **Радько Р.Н.**

13. Принципы развития программного обеспечения инфокоммуникационных систем.

Авторы: ст. преп. Арбузов В.В.,
доц. Бережная О.В.,
студ. **Кривенко И.А.**

14. Построение инфокоммуникационных систем для конкурентного рынка электроэнергетики.

Авторы: ст. преп. Арбузов В.В.,
доц. Бережная О.В.,
студ. **Альбит Е.В.**

15. Пристрій для швидкісних фотографій.

Автори: ст. викл. Гриненко В.В.,
студ. **Коблянський А.О.**

16. Аналіз методів синтезу частот цифрових сигналів.

Автори: ст. викл. Гриненко В.В.,
студ. **Луценко С.В.**

17. Адаптивная система передачи данных на основе двоичных биномиальных кодов.

Авторы: ст. преп. Протасова Т.А.,
студ. **Васильев М.Г.**

18. Лічильник рівноважних кодів.

Автори: ст. викл. Протасова Т.О.,
студ. **Торба І.В.**

19. Повышение КПД установки с солнечными модулями.

Авторы: доц. Новгородцев А.И.,
студ. **Стеблянюк Э.В.**

20. Идентификация параметров состояния стохастических систем.

Авторы: доц. Новгородцев А.И.,
студ. **Евтушенко Я.В.**

21. Представление двоичных биномиальных чисел с помощью матриц весовых коэффициентов.

Авторы: доц. Кулик И.А.,
студ. **Павленко Р.В.**

22. Генерація перестановок на основі факторіальної системи числення з використанням доповнюючого масиву.

Автори: асп. **Дегтяр С.О.**,
асист. **Горячев О.Є.**,
студ. Сидоренко В.Ю.
Керівник – проф. Борисенко О.А.

23. Устройство биномиального нумерационного кодирования.

Авторы: ассист. Костель С.В.,
студ. **Скляр М.С.**

24. Модель дедуктивно-параллельного синхронного анализа уязвимостей.

Авторы: проф. Хаханов В.И.,
асп. **Мищенко А.С.**

25. Аппарат булева дифференциального исчисления для анализа деструктивов.

Авторы: Чумаченко С.В.,
асп. **Щербин Д.А.**

26. Система розпізнавання зображень.

Автори: доц. Лопатченко Б.К.,
студ. **Григор'єв Є.В.**

СЕКЦІЯ 1

**«ТЕОРЕТИЧНА
ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА
ФІЗИКА»**

Термодинамічні властивості напівпровідникових сполук AgBiSe_2 , Bi_2Se_3 та BiSe ($T=535\text{--}578\text{ K}$)

Мороз М.В., ст. викл.; Мороз В.М., доц.; Вадець Д.І., доц.

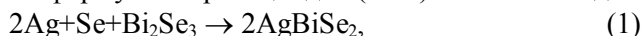
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

В системі $\text{Ag}\text{--}\text{Bi}\text{--}\text{Se}$ встановлено формування напівпровідникових сполук AgBiSe_2 , Bi_2Se_3 , BiSe та Ag_2Se [1]. Селеніду срібла властивий поліморфізм. Нами встановлено зміни структури сплаву AgBiSe_2 при $T=400, 450, 490, 535$ та $578\pm 5\text{ K}$.

Мета роботи: методом ерс, встановити термодинамічні властивості AgBiSe_2 , Bi_2Se_3 та BiSe в інтервалі температур $535\text{--}578\text{ K}$.

Поділ концентраційного простору здійснюють лінії двофазних рівноваг проведені з точки потрійної фази до точок подвійних фаз, срібла, селену та вісмуту. Реакції срібла з гетерогенними фазами ділянок $\text{AgBiSe}_2\text{--}\text{Se}\text{--}\text{Bi}_2\text{Se}_3$ (I), $\text{AgBiSe}_2\text{--}\text{Bi}_2\text{Se}_3\text{--}\text{BiSe}$ (II) та $\text{AgBiSe}_2\text{--}\text{BiSe}\text{--}\text{Bi}$ (III) здійснено в електрохімічних комірках структури $\text{C}|\text{Ag}|\text{AgI}|\text{скло } \text{Ag}_2\text{GeS}_3|\text{B}|\text{C}$, де C – графіт, $\text{AgI}|\text{скло } \text{Ag}_2\text{GeS}_3$ – іоноселективна мембрана, B – сплави з ділянок (I–III).

Рівняння потенціалоформуючих реакцій для (I–III) мають вигляд:



Відповідні їм рівняння ерс:

$$\varepsilon_1 = (0.31739 + 0.0891T) \text{ В}, \quad (4)$$

$$\varepsilon_2 = (0.47173 - 0.4683T) \text{ В}, \quad (5)$$

$$\varepsilon_3 = (-0.055905 + 0.3167T) \text{ В}. \quad (6)$$

Нехтуючи змінами теплоємностей Ag , Se , Bi при нагріві, враховуючи $\Delta G_{\text{реакції}} = -F\varepsilon$ (F – число Фарадея), на основі (1)–(6) знайдено енергії Гіббса утворення відповідних сполук для інтервалу $535\text{--}578\text{ K}$:

$$\Delta G_{\text{AgBiSe}_2} = (-36.86 - 94.21 \cdot 10^{-3}T) \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta G_{\text{Bi}_2\text{Se}_3} = (-12.47 - 171.3 \cdot 10^{-3}T) \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta G_{\text{BiSe}} = (-21.13 - 27.0 \cdot 10^{-3}T) \text{ кДж/моль},$$

1. *Физико-химические свойства полупроводниковых веществ. Справочник.* М. Наука, 1979. – 339 стр.

Обчислення коефіцієнта екстинкції з врахуванням анізотропії в орієнтації радіаційних дефектів

Яремій І.П., доц.; Томин У.О., асп.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,
м. Івано-Франківськ

Одним із методів цілеспрямованої модифікації приповерхневих шарів кристалів є іонна імплантація [1]. Дефекти, що утворюються в результаті імплантації, впливають на властивості матеріалу, тому виникає потреба у визначенні їх основних характеристик. Зробити це можна методами X-променевої дифрактометрії. При цьому точність отриманих результатів буде залежати від того, наскільки близька закладена при моделюванні теоретичних кривих дифракційного відбивання (КДВ) модель імплантованого шару до його реальної структури. Зокрема, вигляд теоретичних КДВ залежить від коефіцієнта екстинкції μ_{ds} , що описує ефективне поглинання або екстинкцію когерентних хвиль внаслідок їх розсіяння на дефектах і перетворення в дифузні хвилі [2]. Існуючі на сьогодні методики розрахунку останнього базуються на припущенні, що дефекти утворюються у всіх кристалографічних площинах з однаковою імовірністю. Але, як показують експериментальні дані, для таких дефектів, як циліндричні чи дископодібні кластери та дислокаційні петлі, є більш імовірні та менш імовірні напрями орієнтації в кристалі. З метою врахування анізотропії в орієнтації радіаційно зумовлених дислокаційних петель при розрахунку поглинання X-променів було отримано значення коефіцієнта екстинкції μ_{ds} для відбивань (444), (888) та (880). При цьому розглядалися дислокаційні петлі з векторами Бюргерса $\langle 100 \rangle$, $\langle 110 \rangle$ та $\langle 111 \rangle$. Обчислення показали, що значення коефіцієнта екстинкції залежить від орієнтації вектора Бюргерса петлі в кристалі та в більшості випадків відрізняється від середнього значення для відповідного набору петель.

1. P.D. Townsend, P.J. Chandler, L. Zhang. *Optical effects of ion implantation*. (Cambridge: Cambridge University Press: 1994).
2. В.Б. Молодкін, А.П. Шпак, М.В. Ковальчук и др. *УФН*. **181**, 681 (2011).

Новий підхід до моделювання процесів дефектоутворення у монокристалах сульфїду цинку

Бересток Т.О., *асп.*; Опанасюк А.С., *доц.*; Єлісеєва А.Р., *школяр*
Сумський державний університет, м. Суми

Практичне застосування приладових структур на основі монокристалів і плівок сульфїду цинку визначається експлуатаційними характеристиками та властивостями матеріалу, які у значній мірі обумовлюються структурою його точкових дефектів. Тому здатність отримувати матеріали з контрольованим ансамблем точкових дефектів за рахунок варіювання умов їх отримання та післяростової термообробки, визначає можливість використання матеріалу. Нажаль, на сьогоднішній час ансамбль точкових дефектів у монокристалах сульфїду цинку вивчений недостатньо.

Метою роботи є удосконалення існуючих підходів до опису ансамблю точкових дефектів та розрахунок їх концентрацій у монокристалах ZnS в залежності від умов отримання.

У роботі було запропоновано новий підхід до моделювання процесів дефектоутворення у двокомпонентних сполуках, який поєднує метод квазіхімічних реакцій та розрахунки енергії утворення дефектів у матеріалах з перших принципів. Отримані рівняння які дозволяють більш адекватно розраховувати концентрацію дефектів різних видів у сполуках при зміні зовнішньої температури та тиску компонентів матеріалу за значеннями термодинамічних потенціалів процесу дефектоутворення. На основі цих співвідношень визначені трансляційна, оберտальна та вібраційна компоненти енергії та зроблена оцінка хімічних потенціалів атомів цинку та сірки. Це дозволило провести розрахунок концентрацій нейтральних точкових дефектів в матеріалі в залежності від фізико-технологічних умов вирощування монокристалів сульфїду цинку. Концентрації вільних носіїв струму та заряджених точкових дефектів розраховані з використанням статистики Фермі-Дірака.

Проведено порівняння результатів моделювання ансамблю дефектів у монокристалах сульфїду цинку, отриманих з використанням запропонованої та традиційної методик розрахунків.

Нелінійна теорія мультигармонічних взаємодій хвиль просторового заряду у пролітній секції супергетеродинного ЛВЕ

¹ Куліш В.В., проф.; ² Лисенко О.В., доц.;

¹ Бруснік А.Ю., асист.; ² Биченко Г.В., студ.

¹ Національний авіаційний університет, м. Київ

² Сумський державний університет, м. Суми

Останнім часом увага дослідників приділяється аналізу фізичних процесів у лазерах на вільних електронах (ЛВЕ), які здатні генерувати потужне мультигармонічне електромагнітне випромінювання. Такими ЛВЕ є супергетеродинні лазери на вільних електронах клістронного типу з повздовжнім електростатичним ондулятором [1]. У такому супергетеродинному ЛВЕ ключовим елементом є секція підсилення мультигармонічних хвиль просторового заряду (ХПЗ), яка використовує повздовжній електростатичний ондулятор. Дослідженню фізичних процесів у цій секції і присвячена ця робота.

Тут побудована кубічно-нелінійна теорія підсилення мультигармонічних хвиль просторового заряду у пролітній секції супергетеродинного ЛВЕ з повздовжнім електростатичним ондулятором. Проведено амплітудний, фазовий та спектральний аналіз процесів нелінійної взаємодії гармонік ХПЗ. Підтверджено висновок квадратичної теорії про можливість підсилення мультигармонічної хвилі просторового заряду без спотворень в ондуляторі, який використовує монохроматичне повздовжнє періодично-реверсивне електростатичне поле. Знайдені рівні насичення хвиль ХПЗ, що дозволяє стверджувати про можливість створення такими ЛВЕ потужного мультигармонічного електромагнітного сигналу. Визначені рівні амплітуд, коли відбувається підсилення складного мультигармонічного сигналу без спотворень. Продемонстровано, що досліджувані системи здатні формувати потужні хвилі просторового заряду з аномальними спектрами, тобто коли більш вищі гармоніки мають більш високу амплітуду.

1. Пат. 87750 Україна. *Супергетеродинний параметричний лазер на вільних електронах з повздовжнім електричним ондулятором* / Куліш В.В., Лисенко О.В., Губанов І.В., Бруснік А.Ю.; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15.

Нелінійна динаміка мультигармонічних хвиль у плазмово-пучковому супергетеродинному ЛВЕ Н-убітронного типу

Куліш В.В., проф.; Лисенко О.В., доц.;
Коваль В.В., ст. викл.; Колоскова О.А., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Розглядаємо модель плазмово-пучкового супергетеродинного лазера на вільних електронах (ЛВЕ) Н-убітронного типу, в якому електронний релятивістський пучок розповсюджується у плазмі, що знаходиться у поперечному Н-убітронному магнітному полі. Також в робочому об'ємі пристрою створене повздовжнє фокусуєче магнітне поле. На вхід ЛВЕ подається циклотронна електромагнітна хвиля. У результаті параметричного трихвильового резонансу між полями циклотронної хвилі та поперечного магнітного поля збуджується повздовжня хвиля просторового заряду (ХПЗ). Параметри системи вибираємо так, щоб через плазмово-пучкову нестійкість хвиля ХПЗ мала найбільший інкремент зростання. Динаміка хвиль у такому ЛВЕ у квадратичному наближенні була детально вивчена у роботі [1]. Було з'ясовано, що тут є можливим існування чотирьох типів взаємодій. Два з них дозволяють підсилювати сигнали, що мають високий ступінь монохроматичності, два інших – формувати сигнал з широким мультигармонічним спектром.

На цей час детально вивченим є тільки один режим роботи таких ЛВЕ, коли відбувається формування електромагнітних хвиль з широким спектром та використовується швидка циклотронна хвиля. Інші три режими у кубічному наближенні не розглядалися. У поданій роботі вивчено динаміку хвиль у плазмово-пучковому ЛВЕ Н-убітронного типу у режимі, коли генеруються електромагнітні хвилі з широким спектром та використовується повільна циклотронна хвиля. З'ясовано, що досліджуваний режим характеризується більш високими інкрементами зростання, рівень насичення амплітуд хвиль співпадає з рівнями ЛВЕ, коли використовують швидку циклотронну хвилю. Показано, що такі пристрої є перспективними як формувачі потужного мультигармонічного електромагнітного сигналу у міліметровому діапазоні хвиль.

1. V.V. Kulish, A.V. Lysenko, V.V.Koval, *Tech. Phys. Lett.* **35**, 696 (2009).

Вплив параметрів двошвидкісного релятивістського електронного пучка на форму спектра зростаючої хвилі просторового заряду

Куліш В.В., проф.; Лисенко О.В., доц.;
Ромбовський М.Ю., ст. викл.; Волк Ю.Ю., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Останнім часом інтенсивний розвиток у науці і техніці отримав напрямок, який пов'язаний із створенням та вивченням систем, що здатні формувати потужні ультракороткі електромагнітні імпульси, сигнали з широким спектром. Такі сигнали мають широке практичне застосування для ряду фундаментальних та прикладних досліджень в області фізики, хімії, біології, медицини.

Як показали дослідження, двопотокові супергетеродинні лазери на вільних електронах (ЛВЕ) можуть працювати у режимі формування потужних ультракоротких кластерів електромагнітного поля, коли частота першої гармоніки є набагато меншою за частоту двопотокової нестійкості. У цьому режимі у двошвидкісному релятивістському електронному пучку збуджується мультигармонічна зростаюча хвиля просторового заряду (ХПЗ) з аномальною ділянкою спектра, коли вищі гармоніки мають більш високі амплітуди. Завдяки параметрично-резонансній взаємодії мультигармонічної ХПЗ з мультигармонічною системою накачки збуджується мультигармонічний електромагнітний сигнал, стає можливим формування ультракороткого кластеру. Динаміка гармонік мультигармонічної зростаючої ХПЗ у двопотоковому електронному релятивістському пучку, який характеризується однаковими парціальними концентраціями та близькими парціальними швидкостями, детально вивчено у роботі [1].

Випадок, коли концентрації парціальних пучків є різними, швидкості пучків суттєво відрізняється, раніше не розглядався. У поданій роботі проведено дослідження саме такого випадку. Тут у рамках квадратично-нелінійної теорії проведено аналіз впливу параметрів двошвидкісного електронного пучка на форму спектра зростаючої хвилі ХПЗ.

1. V.V. Kulish, A.V. Lysenko, M.Yu. Rombovsky, *Plasma Phys. Rep.* **36**, 594 (2010).

Спектральна ідентифікація хелатування металів з антоціановими пігментами рослин

Феденко В.С., пров. наук. співроб.; Шемет С.А., мол. наук. співроб.
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпропетровськ

Дослідження зв'язування антоціанових пігментів з металами набувають актуальності у зв'язку з проблемою розробки нових безпечних натуральних барвників, які повинні бути стійкими до факторів середовища та мати широкий спектр кольорових відтінків. Антоціанові пігменти, які характеризуються лабільною хромофорною системою, здатною до модифікації структури з відповідними змінами поглинання випромінювання і, відповідно, забарвлення, а з іншого боку, мають численні адаптогенні властивості в організмі, відповідають цим вимогам. Водночас, наявні методи ідентифікації металокомплексних сполук антоціанів базуються переважно на хімічних методах аналізу продуктів руйнування комплексу, що знижує достовірність оцінки кольору вихідного препарату.

Мета роботи – розробити неdestructивний метод ідентифікації металокомплексів антоціанів на основі спектральних досліджень.

Комплекси металів з антоціановими пігментами отримували в лабораторних умовах. Препарати металохелатів гомогенізували в порошок оксиду магнію та проводили виміри спектру відбиття в діапазоні 400–700 нм в режимі оптичної густини на спектрофотометрі Спекорд М40, обладнаному фотометричною кулею та програмним забезпеченням для вимірів дифузного відбивання світлового потоку.

Таким чином, аналіз базувався на вимірюванні власних оптичних характеристик антоціанового пігменту, який модифіковано внаслідок зв'язування з металом, а не параметрів одного з продуктів руйнування металокомплексної сполуки. Внаслідок цього забезпечувалося спрощення процедури підготовки препарату до аналізу і підвищення достовірності ідентифікації металокомплексних сполук антоціанових пігментів. Встановлені закономірності спектрів відбивання препаратів у видимому діапазоні дозволили запропонувати новий метод ідентифікації металокомплексів антоціанів, яких захищений патентом (пат. України 4426 UA).

Влияние возбужденных конфигураций на спектроскопические характеристики $GdVO_4:Tm^{3+}$

Дунина Е.Б.², доц.; Фомичева Л.А.¹, ассист.;
Корниенко А.А.², проф.

¹ Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, г. Минск

² Витебский государственный технологический университет, г. Витебск

В последние годы наибольший интерес в люминесценции редкоземельных ионов был сконцентрирован на трехвалентном тулии. Тулий имеет электронную конфигурацию $4f^{12}$. Особый интерес вызывает излучательная полоса, обусловленная переходом ${}^3H_4 \rightarrow {}^3H_6$ с длиной волны около 2 мкм. Лазеры, работающие на длине волны 2 мкм, представляют большой практический интерес для оптоэлектронных линий связи, производства лазерных радаров и медицинских инструментов. Применение кристаллов $GdVO_4$ является перспективным, поскольку эти кристаллы обладают сильными кросс-релаксационными механизмами передачи энергии на ионы тулия и имеют интенсивные полосы поглощения в ультра фиолетовом диапазоне.

Для описания сил осцилляторов абсорбционных переходов и предсказания люминесцентных характеристик в [1] применена теория Джадда-Офельта. При этом для абсорбционных переходов ${}^3H_6 \rightarrow {}^1G_4, {}^1D_2$ наблюдается значительное отклонение вычисленных значений сил осцилляторов от экспериментальных, достигающее 26 – 40%. Это свидетельствует о значительном влиянии межконфигурационного взаимодействия, которое в теории Джадда-Офельта учитывается грубо.

В связи с этим в данной работе выполнено описание сил осцилляторов абсорбционных переходов по модифицированной теории интенсивностей [2], учитывающей межконфигурационное взаимодействие, и получено уменьшение среднеквадратичного отклонения на 50%.

1. Y. Yang, B. Yao, B. Chen, et al., *Opt. Mater.* **29**, 1159 (2007)
2. А.А. Kornienko, А.А. Kaminskii, Е.В. Dunina, *phys. status solidi b* **157**, 267 (1990).

Контроль ступеня очищення води за зміною густини струму під час електрохімічної активації

Бордун І.М., доц.; Пташник В.В., асп.;

Наконечна О.М., студ.

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів

Вода – один із найцінніших природних ресурсів, що є основою всього живого, однак усе частіше постає гостра проблема її забруднення. Серед небезпечних домішок виділяють нітрати, які завдають значної шкоди здоров'ю людини та оточуючому середовищу загалом. Вміст нітратів чітко регламентується державними стандартами різних країн, так для України, Росії і ЄС ГДК становить 50 мг/л, а у США – 10 мг/л. Одним з ефективних методів очистки води від різних забрудників є електрохімічна активація (ЕХА). Цей метод дозволяє досягнути значних успіхів у зменшенні вмісту нітратів, однак дієві методи контролю ступеню очистки досі не розроблені.

ЕХА здійснювалась у непротічному двохкамерному діафрагмовому електролізері об'ємом 250 мл з інертними графітовими електродами при постійній напрузі на електродах 150 В. В активатор заливався розчин KNO_3 з концентрацією 100 мг/л. Контроль вмісту нітрат-іонів здійснювався за допомогою іономіра И-130 з іоноселективним електродом ЕЛІС-121 (NO_3) та хлор-срібним електродом порівняння.

Встановлено, що у процесі ЕХА густина струму, який протікає через електролізер, змінюється за нелінійним законом. На початковому етапі спостерігається значне зростання густини струму з подальшим зменшенням його значення та виходом на насичення. Зміна вмісту нітрат-іонів у зразках, відібраних з катодної камери на різних етапах ЕХА, наведена у табл. 1.

Таблиця 1 – Зміна вмісту нітрат-іонів у процесі ЕХА.

t, с	0	50	120	210	300	500
C, мг/л	62	58	22	12	6	2

Отже, основне зменшення концентрації нітрат-іонів відбулось впродовж перших 210 с ЕХА, що відповідає виходу густини струму на насичення. Таким чином, контроль густини струму при ЕХА дозволяє визначати ефективні режими очистки водних розчинів.

Расчет времени жизни мультиплета 3F_4 иона тулия в $\text{NaY}(\text{WO}_4)_2$

Корниенко А.А.¹, проф.; Дунина Е.Б.¹, доц.;
Фомичева Л.А.², ассист.

¹ Витебский государственный технологический университет, г. Витебск

² Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники, г. Минск

Монокристаллы $\text{NaY}(\text{WO}_4)_2$, активированные трехвалентными ионами тулия, были исследованы в работе [1] с целью создания лазера, работающего на переходе ${}^3F_4 \rightarrow {}^3H_6$ с длиной волны 1748 нм. Лазеры, работающие на длине волны 1748 нм, широко применяются в оптоэлектронных линиях связи, лазерных радарх и медицинских инструментах.

В работе [1] выполнено описание сил осцилляторов абсорбционных переходов по теории Джадда-Офелта, определены параметры интенсивности, которые затем использованы для вычисления времени жизни метастабильного уровня 3F_4 . При этом рассчитанное время жизни 1060 мкс получилось на 16% меньше экспериментального значения 1273 мкс. Кроме того, погрешность в описании сил осцилляторов абсорбционных переходов оказалась достаточно большой – 20%, что значительно превышает экспериментальные погрешности.

В связи с этим в данной работе для увеличения точности описания сил осцилляторов абсорбционных переходов и времени жизни мультиплета 3F_4 применена модифицированная теория интенсивностей [2], учитывающая влияние возбужденных конфигураций более корректно. В итоге вычисленное время жизни 1145 мкс всего лишь на 10% отличается от экспериментального значения. Такая же точность была достигнута и в описании сил осцилляторов абсорбционных переходов.

1. C.Sun, F.Yang, T.Cao et al., *J. Alloys Compd.* **509**, 6987 (2011)
2. А.А. Корниенко, А.А. Каминский, Е.В. Дунина, *phys. status solidi b* **157**, 267 (1990).

Энергетическая структура и механизм диссоциации молекулы пероксида водорода

Малашенко А.Г.,¹ студ.; Сакун Т.Н.,² ассист.;
Кондратенко П.А.,² проф.; Лопаткин Ю.М.,¹ проф.

¹ Сумский государственный университет, г. Сумы
² Национальный авиационный университет, г. Киев

Почему молекула пероксида водорода медленно, но распадается при комнатной температуре? Для ответа на этот вопрос необходимо было исследовать энергетическую структуру молекулы. Для расчётов были использованы методы молекулярной динамики, а также полуэмпирический квантово-механический метод AM1, давший при анализе результатов применения различных полуэмпирических методов наиболее близкие результаты к уже известным полученным экспериментальным результатам.

Молекула H_2O_2 обладает симметрией C_2 . Ось второго порядка направлена вдоль дипольного момента (дипольный момент 1.4272 D). Двугранный угол HOOH равен $125,49^\circ$ и уменьшается в водных растворах. Такую пространственную структуру можно объяснить расположением молекулярных орбиталей в молекуле.

В работе исследована энергетическая структура молекулы. Обнаружена необычная конфигурация потенциальных поверхностей: уже первые возбуждённые состояния оказались диссоциативными. Из теоретико-группового рассмотрения следует, что должны иметь место 4 полносимметричных (A_1) колебания и 2 антисимметричных (A_2) колебания, что соответствует расчётам ИК спектра в данной работе. Симметричные колебания z-поляризованные, а антисимметричные – в плоскости xy.

Показано, что спонтанный распад молекулы можно объяснить наличием взаимодействия молекулы H_2O_2 с радикалом OH^* , а также с атомами (катализаторами), способными осуществить перенос протона в молекуле H_2O_2 . Фотодиссоциация молекул H_2O_2 обусловлена наличием диссоциативных потенциальных поверхностей, каковыми оказались первые возбуждённые синглетное и триплетное состояния.

Молекулярний польовий транзистор

Сақун Т.М.¹, *асист.*; Малащенко А.Г.², *студ.*;
Кондратенко П.О.¹, *проф.*, Лопаткін Ю.М.², *проф.*

¹Національний авіаційний університет, м. Київ

²Сумський державний університет, м. Суми

В [1] було показано, що геометрична структура заміщених дифенілу, а саме, кут між площинами двох фенільних груп, суттєво залежить від природи замісника в орто-положенні другого фенільного кільця. Виявилось, що надлишковий заряд на вказаному заміснику залежить від природи замісника. Тому виникла ідея використати замість простого замісника типу NO₂ видовжений замісник зі значно складнішою структурою,

В такому разі можна керувати величиною заряду на групі атомів, що прилягає безпосередньо до фенільного ядра. А це, в свою чергу, повинно спричинити поворот між двома фенільними ядрами, що викличе зміну провідності молекули вздовж них. Отже, ми маємо можливість сконструювати молекулярний транзистор, де в ролі бази використовується запропонований фрагмент.

Розрахунки показали, що заряд на групі атомів CN₂ цього замісника залежить від величини електричного поля, прикладеного до керуючої групи молекулярного транзистора: лінійно збільшується від -0,32e до -0,345e при збільшенні напруженості електричного поля від 8·10⁸ до 17·10⁸ В/м. У випадку відсутності зовнішнього поля в рівноважному стані кут між фенільними кільцями складає $\varphi_{min} = 90,86^\circ$. В електричному полі з $E = 7,6 \cdot 10^8$ В/м кут між фенільними кільцями $\varphi_{min} = 92,42^\circ$, а при $E = 11,7 \cdot 10^8$ В/м $\varphi_{min} = 94,25^\circ$. Для досягнення кута 90° необхідно змінити напрям електричного поля.

Провідність дифенілу вздовж його осі в полі $E = 7,6 \cdot 10^8$ В/м збільшується в 8 раз, а при $E = 11,7 \cdot 10^8$ В/м – в 25 разів.

Таким чином, показана принципова можливість створення польового транзистора на основі заміщених дифенілу, що містить замісник, через який можна здійснювати управління провідністю молекули вздовж осі дифенілу.

1. О.А.Шовкопляс, Ю.М.Лопаткін, П.О.Кондратенко, *Наук.-техн. конф. «Фізика, електроніка, електротехніка» (ФЕЕ-2012)*. - с.41.

Лазерний ефект Гершеля в постійному електричному полі

Півень Олександр Б.,¹ асист.; Півень Олег Б.,¹ доц.,
Лопаткін Ю.М.,² проф.

¹ Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси

² Сумський державний університет, м. Суми

Відомо, що нормальний лазерний ефект Гершеля (ЛЕГ) на низькочутливому фотошарі приводить до значного зменшення проявленої оптичної густини фотошару, але ЛЕГ створює умови для збільшення світлочутливості фотошару після наступної експозиції білим світлом, що зв'язано з переходами аморфна фаза-кристалічна фаза всередині світлочутливого шару [1]. Накладання електричного поля в залежності від його параметрів під час неактинічного засвічування може посилювати або послаблювати ЛЕГ, тобто впливати на ці фазові переходи.

Метою даної роботи було експериментально вивчити вплив електричного поля на ЛЕГ при одночасній дії на МК AgBr постійного електричного поля і експозиції інфрачервоним лазерним світлом з застосуванням електронної мікроскопії.

Показано, що накладення зовнішнього постійного електричного поля напруженістю $E = 2000$ В/см на попередньо експоновані 0,5 с білим світлом і очищені від желатини МК AgBr фотошару разом з дією неактинічного лазерного імпульсного світла з довжиною хвилі $\lambda = 850$ нм, потужністю лазерного світла в імпульсі $P = 4$ Вт, тривалістю імпульсу $2 \cdot 10^{-7}$ с, частотою слідування імпульсів $f = 10$ кГц і сумарній дії лазерного світла 0,6 с і 1,8 с сприяє збільшенню лазерного нормального ефекту Гершеля. При цьому коагуляційні центри не утворюються, а утворюється аморфне срібло і полегшується перехід аморфного срібла в кристалічне з утворенням нових центрів прихованого зображення (ЦПЗ) більших проявлюваних розмірів за рахунок збільшення пересичення в областях на мікрочисталах AgBr зі сторони негативно зарядженої пластини конденсатора, що свідчить про інактивіацію ЦПЗ. Кількість поглинутої енергії ІЧ-світла лазера впливає на кристалізацію аморфного срібла.

1. Б.Т. Півень, *ЖНПФФК*. **29** №4, 304 (1984).

Дослідження зв'язування металів з ціанідом в інтактних рослинних тканинах

Шемет С.А., мол. наук. співроб., Феденко В.С., пров. наук. співроб.
Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпропетровськ

Процес зв'язування важких металів з біологічними молекулами привертає зростаючу увагу дослідників як один з аспектів їх детоксикації в організмі. Наявні підходи у дослідженнях такої взаємодії базуються на хімічних методах аналізу, які передбачають руйнування нативного комплексу, утвореного *in vivo*, а отже, не дають інформації про стан іонів металу в живому організмі. Серед біогенних хелаторів привертають увагу антоціанові пігменти завдяки своїй поліфункціональності в рослинах та адаптогенним властивостям в організмі тварин.

Мета роботи – розробити неруйнівний фізичний метод аналізу взаємодії металів з антоціановим пігментом ціанідом в інтактних рослинних тканинах.

В модельному експерименті проводили обробку коренів рослин розчинами солей металів, а також пророщували насіння дослідних рослин на живильних розчинах із вмістом металів. Одночасно проводили обробку контрольних рослин при відсутності дії металу в аналогічних умовах. Спектри відбиття зразків коренів реєстрували на спектрофотометрі Спекорд М40 з фотометричною кулею в діапазоні 450-750 нм. Розраховували диференційні спектри дослідних рослин відносно контрольних. При наявності максимуму в диференційному спектрі при 540-670 нм встановлювали ефект зв'язування металу хелатором в рослинній тканині. В результаті досліджень доведено ефект зв'язування важких металів свинцю та кадмію з ціанідом в коренях дослідних рослин. Іони металів взаємодіяли з хромофорною системою пігменту та спричиняли структурні модифікації системи її електронних зв'язків. Це відображувалося у батохромному зміщенні максимуму у спектрах відбиття препаратів. Застосування диференційної спектроскопії дозволило підвищити чутливість ідентифікації ефекту зв'язування металів в рослинних тканинах завдяки виявленню незначних змін хромофорної системи.

Дослідження ємності конденсаторів поверхневого монтажу під час згинання друкованої плати

Кириченко М.В., студ.; Чапний Т.М., студ.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ

Як і більшість інших видів пошкоджень поверхневого монтажу частка в них керамічних конденсаторів була значного зменшена на протязі останніх років, тріщини через напруги від згинання плати стали відомими. Тріщини керамічних конденсаторів можуть призводити до передчасного пошкодження всього приладу.

Метою даної роботи є дослідження впливу згинання плати на ємність конденсаторів поверхневого монтажу та попередження тріщин.

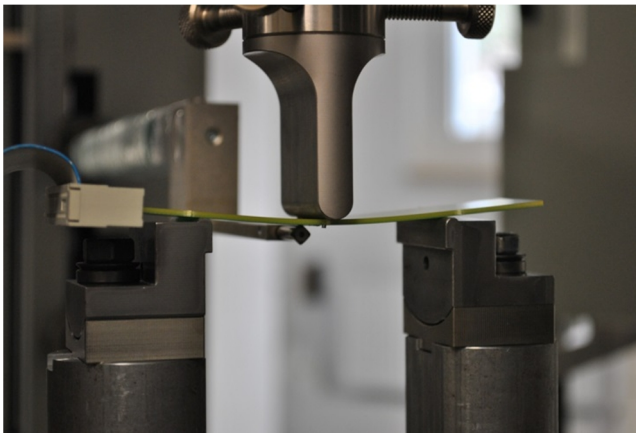


Рисунок 1 – Розміщення плати під час дослідження ємності

Для даного дослідження був застосований трохточковий метод згинання плати.

Експериментальним шляхом було встановлено, що під час згинання дослідного зразка ємність конденсаторів поверхневого монтажу зменшується.

Керівник: Денбновецький С.В., проф.

Численное моделирование магнитной релаксации в двумерных решетках ферромагнитных наночастиц

Вертиков И.А., студ.

Сумский государственный педагогический университет, г. Сумы

Двумерные решетки однодоменных ферромагнитных частиц, чьи легкие оси перпендикулярны плоскости решетки, представляют собой важный объект исследований. В настоящее время такие объекты рассматриваются как одни из наиболее перспективных с точки зрения их применения в устройствах записи и хранения информации [1]. Поскольку носителями информации в них являются отдельные наночастицы, а период решетки $a \sim 4d$ (d – диаметр частиц), плотность записи информации в таких устройствах может достигать нескольких терабит на квадратный дюйм (для сравнения, плотность записи информации на обычных оптических дисках на 3 порядка меньше).

В данной работе методом численного моделирования изучается явление магнитной релаксации в квадратной решетке наночастиц, происходящее под влиянием тепловых флуктуаций. Предполагается, что магнитные моменты $\mathbf{m}_i = \mathbf{m}_i(t)$ (индекс i нумерует узлы решетки) наночастиц имеют одинаковую величину ($|\mathbf{m}_i| = m$), направлены перпендикулярно плоскости решетки и в случайные моменты времени изменяют свое направление на противоположное. Используя полученное в [2] выражение для плотности вероятности переориентации магнитного момента, которое вследствие магнитного диполь-дипольного взаимодействия зависит от ориентации всех других магнитных моментов, нами предложена численная процедура нахождения временной зависимости намагниченности таких решеток наночастиц. В ее рамках изучена зависимость закона магнитной релаксации от температуры и других параметров задачи. Кроме того, проведен сравнительный анализ законов релаксации, полученных путем численного моделирования и в приближении среднего поля.

Руководитель: Денисов С.И., проф.

1. A. Moser *et al.*, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **35**, R157 (2002).
2. S.I. Denisov, T.V. Lyuty, K.N. Trohidou, *Phys. Rev. B* **67**, 014411 (2003).

Динамика намагніченности в проводящих наночастицах с аномальным эффектом Холла

Денисов С.И., проф.; Педченко Б.А., студ.; Лютый Т.В., доц.
Сумский государственный университет, г. Сумы

Во многих случаях динамика вектора намагніченности $\mathbf{M} = \mathbf{M}(t)$ в однодоменных частицах непроводящих ферромагнетиков может быть описана уравнением Ландау-Лифшица-Гильберта (ЛЛГ)

$$\frac{d\mathbf{M}}{dt} = -\gamma\mathbf{M} \times \mathbf{H}_{\text{eff}} + \frac{\alpha}{M} \mathbf{M} \times \frac{d\mathbf{M}}{dt}, \quad (1)$$

где \mathbf{H}_{eff} – эффективное магнитное поле, действующее на \mathbf{M} , $\gamma (> 0)$ – гиромагнитное отношение, $\alpha (> 0)$ – параметр затухания и $M = |\mathbf{M}| = \text{const}$. В проводящих частицах динамика намагніченности является более сложной, поскольку изменение направления \mathbf{M} индуцирует в частице электрический ток, магнитное поле которого влияет на поведение \mathbf{M} . Уравнение (1) может быть использовано и в этом случае, однако эффективное поле \mathbf{H}_{eff} следует заменить на $\mathbf{H}_{\text{eff}} + \mathcal{H}$, где \mathcal{H} – усредненное по объему частицы магнитное поле вихревых токов. Таким образом, описание магнитной динамики в проводящих частицах должно основываться на системе уравнений ЛЛГ и Максвелла. В простейшем случае, когда плотность тока \mathbf{J} в частице определяется законом Ома $\mathbf{J} = \sigma\mathbf{E}$ (σ – проводимость, \mathbf{E} – напряженность электрического поля), процедура аналитического описания предложена в работах [1,2].

В данной работе аналитически и численно изучаются особенности динамики намагніченности в однодоменных наночастицах с аномальным эффектом Холла, когда $\mathbf{J} = \sigma\mathbf{E} + \kappa\mathbf{M} \times \mathbf{E}$ (κ – параметр, характеризующий этот эффект). В этом случае нами аналитически решены уравнения Максвелла в квазистационарном приближении, получено эффективное уравнение ЛЛГ и разработана процедура численного решения системы уравнений ЛЛГ и Максвелла методом конечных разностей во временной области (FDTD) [3].

1. E. Martinez, L. Lopez-Diaz, L. Torres, *J. Appl. Phys.* **99**, 123912 (2006).
2. S.I. Denisov *et al.*, *Proc. NAP*, **1**, No 4, 04MFPN13 (2012).
3. K.S. Yee, *IEEE Trans. Antennas. Propag.* **14**, No 3, 302 (1966).

Рєєстрація рентгенівського випромінювання молекулярними структурами на основі хлоридів (Шв) під дією електричного поля

Шовкопляс О.А.¹, кер. *НМБЕН*; Лопаткін Ю.М.¹, проф.;

Кондратенко П.О.², проф.; Процай Р.В.¹ студ.

¹ Сумський державний університет, м. Суми

² Національний авіаційний університет, м. Київ

Основна увага при створенні мініатюрних електронних схем останнім часом сконцентрована на молекулярних системах, як ідеальних квантових конфігураціях, де рух електрона визначається квантово-хімічними законами. Такі штучні квантові структури представляють собою кінцеве фізичне обмеження нового типу електронних приладів.

У попередніх публікаціях автори запропонували механізми радіаційних процесів у тонкоплівкових полімерних системах на основі сили під дією іонізуючого випромінювання до $T_{кр} = 15$ хвилин та понад $T_{кр}$ з подальшим насиченням шарів аміаком.

Ця робота продовжує дослідження рентгеночутливих молекулярних структур на основі хлоридів елементів групи Шв під дією електричного поля. Проведені квантово-хімічні розрахунки модельних етапів екзотермічного процесу переносу протона між аміногрупами ланцюга $Cl_2(HgNH_3)_n \cdot H_2O$ з використанням напівемпіричних методів AM1, PM3 й MNDO/d (пакет програм HyperChem).

При різних значеннях напруженості електричного поля (від нуля до 0,015 а.о., 1 а.о.= $5,1421 \cdot 10^{11}$ В/м) з'ясовані схеми утворення кінцевих продуктів радіаційно-хімічних перетворень з виділенням металеві ртуті. Виявлено критичне значення напруженості електричного поля ($E = 0,003$ а.о.), яке потрібно використовувати для прискорення візуалізації рентгенівського випромінювання за умови, щоб досліджувана молекула зберегла цілісність структури. При більшому значенні E почорніння зразка супроводжується деструкцією комплексу.

Підкреслюється обов'язковість дотримання необхідної умови протікання реакції – наявності молекул аміаку, що можливо при накладанні зовнішнього однорідного електричного поля під час проявлення полімерного шару.

Численное решение уравнения Ланжевена с цветной взаимной корреляцией между белыми шумами

Витренко А.Н., *ст. преп.*
Сумський державний університет, м. Суми

Один из методов исследования поведения динамических систем, взаимодействующих с флуктуирующей средой, основывается на уравнениях Ланжевена. В них воздействие среды учитывается посредством одного или нескольких источников шума с заданными статистическими характеристиками. В последнем случае шумы, как правило, могут быть коррелированными. Изучение роли взаимной корреляции в изменении статистических свойств систем является актуальной задачей.

Для шумов с экспоненциальной авто- и взаимной корреляцией широкое применение находят приближенные аналитические методы. При таком подходе особую важность приобретают численные методы. Цель данной работы – разработать алгоритм численного решения уравнения Ланжевена с двумя гауссовскими белыми шумами, взаимная корреляция которых характеризуется произвольной функцией.

Рассматривается уравнение Ланжевена в исчислении Стратоновича

$$\dot{x} = f(x) + \sigma_1 g_1(x) \xi_1(t) + \sigma_2 g_2(x) \xi_2(t), \quad (1)$$

где x – параметр состояния системы; $f(x)$, $g_1(x)$, $g_2(x)$ – детерминированные функции; $\xi_1(t)$ и $\xi_2(t)$ – гауссовские белые шумы с нулевыми средними значениями, интенсивностями σ_1^2 и σ_2^2 , взаимной корреляционной функцией $\langle \xi_1(t_1) \xi_2(t_2) \rangle = R(|t_1 - t_2|)$. На произвольную функцию $R(\tau)$ накладываются ограничения: $R(0) \geq 0$, $R(\infty) = 0$. Для получения разностной схемы уравнения (1) применяется метод Рунге-Кутты 2-го порядка. Приращения винеровских процессов моделируются гауссовскими случайными величинами, для которых вычисляется матрица взаимной корреляции. Для генерирования реализаций случайных величин используется модифицированный метод условных распределений. Корректность алгоритма проверяется нахождением эмпирических корреляционных функций.

Дослідження законів розподілу акустичних сигналів після їх функціональних перетворень

Погребняк Р.С., студ.
НТУУ «КПІ», м. Київ

Результатом дослідження є отримання виразу для закону розподілу процесу після його функціонального перетворення. Вони можуть використовуватись при моделюванні реальних систем, наприклад, перетворення сигналу (підсилення, фільтрація, перетворення електричного сигналу в акустичний та ін.). Таким чином отримані результати можуть бути корисними як для радіотехніків, так і інженерів-акустиків при моделюванні систем обробки звуку, систем виявлення [1], контролю та ін.

Метою дослідження є знаходження закону розподілу сигналу за допомогою наближених методів при його функціональному перетворенні, визначення оптимального методу і його оптимізація.

Для знаходження законів розподілу використовується метод подання щільності імовірності класичними ортогональними рядами, члени розкладу якого виражаються через статистичні характеристики сигналу [2].

Таким чином проведене дослідження дозволяє вирішувати моделювання таких систем і процесів: 1) Класифікація сигналів на основі ортогональних подань; 2) Визначення типу системи на основі аналізу вихідного сигналу; 3) Виявлення сигналів та аналіз джерела виникнення.

Керівник: Берегун В.С., *к.т.н., асист.*

1. В.С. Берегун, О.І. Красильніков, *Эл. и связь* **4**, 51 (2010).
2. О.И. Шелухин, *Негауссовские процессы в радиотехники* (Москва: Радио и связь: 1998).

О взаимодействии ртути с озоном

Клименко Д.А, студ.; Шовкопляс О.А., ст. преп.;
Лопаткин Ю.М., проф.

Сумский государственный университет, г. Сумы

При взаимодействии ртути с озоном у неё исчезает металлический блеск, и она начинает прилипать к стеклу. Для объяснения этого явления были проведены расчёты с использованием полуэмпирических квантово-механических методов AM1, PM3 и MNDO/d с учётом конфигурационного взаимодействия. В результате взаимодействия озона с ртутью возможно как окисление ртути, так и образование слабого ($E_{св} = 50,04$ ккал/моль) комплекса в триплетном состоянии (рис.1), поглощающего в синей и УФ-области (табл.1).

Таблица 1 – Электронный спектр поглощения комплекса O_3-Hg

Длина волны λ , нм	447,41	399,36	287,42	216,10	198,76
Сила осциллятора f	0,042	0,339	0,060	0,003	0,009

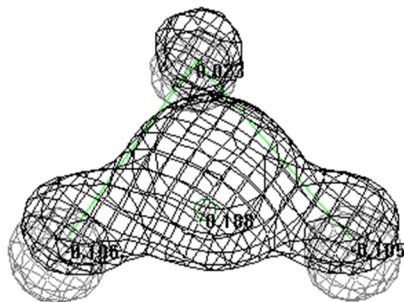


Рис.1 – Молекулярные орбитали и распределение электрического заряда в комплексе ртути и озона

Известно, что в состав стекла, кроме SiO_2 , обычно входят также сода Na_2CO_3 и известь CaO . Измерены их дипольные моменты (табл.2).

Таблица 2 – Дипольные моменты исследуемых соединений

Соединение	Комплекс O_3-Hg	Hg_2O	CaO	Na_2CO_3
Дипольный момент, D	3,512	1,099	6,039	9,060

Прилипание к стеклу объясняется диполь-дипольным взаимодействием между молекулами стекла и вновь образовавшимися молекулами закиси ртути и комплекса ртути с озоном.

New laws of anomalous superslow diffusion

Bystrik Yu.S., *grad. stud.*; Denisov S.I., *prof.*
Sumy State University, Sumy

Intensive investigations of diffusive and transport phenomena show that a wide range of various stochastic processes which can be of quite different nature and complexity often demonstrate anomalous average behavior [1]. The main feature of the latter consists in the fact that a large number of random variables which characterize these systems are not normally distributed (even approximately) that gives rise to the non-linear diffusion laws. In other words, at long times the variance of these processes differs from the classical linear one.

One of the most useful and flexible approaches that are used to describe and analyze such anomalous stochastic systems is based on the continuous-time random walks (CTRWs) theory. Widespread use of this framework is reached due to the fact that many random processes are characterized by two typical for CTRWs random variables, namely, the measure (length) of transition (jump) and the waiting time between successive transitions. The interesting case of CTRWs is the one characterized by superheavy-tailed distributions (which have infinite moments of any fractional order) of waiting time. Therefore, the former one can be represented as the model of superslow diffusive processes whose variance increases slowly than any positive power of time. Using the CTRW approach in the case of superheavy waiting time densities and jump densities with finite second moment, it has been obtained a broad class of superslow diffusive laws [2].

In the present work we concern ourselves with the question of the existence of other anomalous diffusion laws generated by CTRWs. Based on our recent results on the asymptotic behavior of CTRWs with superheavy-tailed waiting time and asymmetric heavy-tailed jump length distributions (whose first and/or second moments are infinite) [3], we find the conditions of superslow diffusion and establish corresponding laws by analytical methods and provide a verification using numerical simulation.

1. R. Metzler, J. Klafter, *Phys. Rep.* **339**, 1 (2000).
2. S.I. Denisov, H. Kantz, *Europhys. Lett.* **92**, 30001 (2010).
3. S.I. Denisov, Yu.S Bystrik, H. Kantz, *Phys. Rev. E* **87**, 022117 (2013).

Вращение ферромагнитной наночастицы в жидкости под действием циркулярно поляризованного магнитного поля

Лютый Т.В., доц.; Быстрик Ю.С., асп.;
Тишенко Д.С., студ.; Денисов С.И., проф.
Сумский государственный университет, г. Сумы

Актуальность данной задачи связана в первую очередь с диссипацией энергии переменного поля за счет механического движения магнитной наночастицы в жидкости. Именно этот механизм преобразования энергии [1] является доминирующим при нагревании жидкости со взвешенными в ней наночастицами в процессе гипертермии – нового перспективного метода терапии онкологических заболеваний.

Несмотря на очевидную практическую ценность и множество экспериментальных работ, теоретическое описание вращательной динамики обычно ограничивается сильно упрощенной вероятностной моделью, предложенной в [1]. Указанная модель оперирует так называемым временем релаксации, или некоторым характерным временем поворота наночастицы, полученным из решения упрощенного уравнения движения, в котором отсутствует инерционное слагаемое [2].

Нашей целью является теоретическое и численное решение классических уравнений движения ферромагнитной наночастицы, помещенной в вязкую среду, под действием вращающегося магнитного поля. Предполагается, что магнитный момент наночастицы жестко связан с ее кристаллической структурой, а вращение наночастицы в пространстве описывается системой уравнений движения из [3]. Показано, что в рассматриваемом случае характер вращательного движения определяется решением уравнения маятника с постоянным моментом [4]. Для этого уравнения нами найдены асимптотические решения в случаях больших и малых частот вращающегося магнитного поля. Установлено, в частности, что высокочастотная асимптотика немонотонно зависит от частоты. Для остального частотного диапазона проведено численное моделирование.

1. R.E. Rosensweig, *J. Magn. Magn. Mat.* **252**, 370 (2002).
2. М.И. Шлиомис, *УФН* **112**, 427 (1974).
3. А.Yu. Polyakov *et al.*, *Comp. Phys. Comm.* **184**, 1483 (2013).
4. А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин, *Теория колебаний* (М.: Наука: 1981).

Динамические режимы магнитного момента наночастицы в линейно поляризованном поле

Лютый Г.В., доц.; Денисов С.И., проф.
Сумский государственный университет, г. Сумы

Проблема динамики намагниченности наночастицы, возбуждаемой внешним переменным магнитным полем, тесно связана с такими важными прикладными вопросами как магнитная запись, дизайн композитных материалов, поглощающих электромагнитное излучение, и магнитная гипертермия.

В случае, когда переменное поле является циркулярно поляризованным, проблема динамики намагниченности детально изучена (см., например, [1, 2]). В частности, полученные результаты позволяют найти точное выражение для энергии магнитного момента, находящегося в режиме однородной прецессии, а в случае неоднородной прецессии эта энергия может быть легко определена численно. Случай же линейно поляризованного поля, в котором динамика магнитного момента может иметь как регулярный, так и хаотический характер [3], изучен в значительно меньшей степени.

В данной работе путем численного решения уравнения Ландау-Лифшица изучается динамика магнитного момента одноосной наночастицы, находящейся в линейно поляризованном поле, ось поляризации которого перпендикулярна легкой оси. В рамках этого подхода установлено, что с изменением частоты и амплитуды поля происходит многократный переход от режимов регулярной динамики магнитного момента к режимам стохастической динамики и наоборот. При этом поведение магнитного момента как в регулярных, так и хаотических режимах может быть совершенно разным. В частности, период прецессии магнитного момента, оставаясь кратным периоду внешнего поля, может быть разным в разных регулярных режимах. Установлено также, что переходы между регулярными и хаотическими режимами сопровождаются скачкообразным изменением величины поглощаемой в этих режимах мощности.

1. G. Bertotti, C. Serpico, I. Mayergoyz, *Phys. Rev. Lett.* **86**, 724 (2001).
2. S.I. Denisov, et al., *J. Magn. Magn. Mater.* **322**, 1360 (2010).
3. D. Larose, et al., *IEEE Trans. Magn.* **47** No10, 3032 (2011).

СЕКЦІЯ 2

«НАНОМАТЕРІАЛИ»

Особливості електронної структури пустих графітних наночастинок

Ільків Б.І.¹, мол. наук. співроб.; Фоя О.О.¹ наук. співроб.;
Петровська С.С.¹, наук. співроб.; Сергієнко Р.А.², наук. співроб.;
Зауличний Я.В.^{1,3}, проф.

¹ Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича
НАН України, м. Київ

² Фізико-технологічний інститут металів і сплавів НАН України, м. Київ

³ Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

Методом ультрам'якої рентгенівської емісійної спектроскопії було досліджено електронну структуру пустих графітних наночастинок.

Встановлено, що в пустих графітних наночастинках утворюються *sp*-гібридні зв'язки між атомами вуглецю та залишкового заліза при перекриванні високоенергетичних $3d+4s$ -станів з sp^n -гібридними орбіталами ($2 < n < 3$). Це свідчить про те, що частина атомів заліза може знаходитись в стінках пустих графітних наночастинок, залишившись після відмивання в кислотах.

Виявлено різний ступінь π -перекриття p_z -орбіталей над сферичною поверхнею пустих графітних наночастинок. Різні ступені перекриття виникають внаслідок того, що кривизна сферичних атомних поверхонь при поглибленні в пусті графітні наночастинок зростає, в результаті чого зменшується ступінь π -перекриття p_z -орбіталей над поверхнею і збільшується у середині неї.

Встановлено, що SK_α пустих графітних наночастинок ширша за смугу оніонів. Це є наслідком зростання вкладу від перекриття $pp\pi+pp\sigma$ -станів в більшій кількості стінок пустих графітних наночастинок завдяки більшому діаметру частинок у порівнянні з оніонами.

Поверхні пустих графітних наночастинок у порівнянні з графеновими нанолістами значно менш гофровані, тому різниця в ступенях перекриття pp_z -станів та sp^n -гібридних орбіталей внаслідок гофрування зменшується, тоді як перекриття цих орбіталей зростає завдяки збільшенню кривизни шарів при поглибленні в пусті графітні наночастинок.

Феромагнетизм у шаруватих кристалах InSe, інтеркальованих кобальтом

Болезюк В.Б., *мол. наук. співроб.*; Кудринський З.Р., асп.;
Ковалюк З.Д., *проф.*

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича
НАН України, Чернівецьке відділення, м. Чернівці

Досліджені магнітні властивості шаруватих кристалів $\text{Co}_{0,15}\text{InSe}$, інтеркальованих кобальтом електрохімічним способом в зовнішньому магнітному полі та без магнітного поля. Встановлено, що феромагнітне впорядкування при кімнатній температурі спостерігається тільки для кристалів $\text{Co}_{0,15}\text{InSe}$, інтеркальованих іонами Co^{+2} у магнітному полі. Для цих кристалів, інтеркальованих без магнітного поля, гістерезис на кривих намагнічення при $T = 300 \text{ K}$ не спостерігався.

Кристали $\text{Co}_{0,15}\text{InSe}$ представляють собою наноккомпозитний матеріал, який складається з шаруватої матриці і масивів нанорозмірних структур, сформованих з нанокристалів Co на ван-дер-ваальсовій поверхні шарів InSe .

Вектор напруженості магнітного поля \mathbf{H} при інтеркаляції кристалів був спрямований перпендикулярно осі \mathbf{C} кристала. Виміри магнітного моменту для анізотропних за фізичними властивостями кристалів InSe проводилися при напрямках магнітного поля паралельно ($\mathbf{H} \parallel \mathbf{C}$) і перпендикулярно ($\mathbf{H} \perp \mathbf{C}$) осі симетрії \mathbf{C} кристала. Залежності $m = f(\mathbf{H})$, відрізняються залежно від напрямку магнітного поля відносно площини шарів кристала. Для залежності $m = f(\mathbf{H})$, вимірної в конфігурації ($\mathbf{H} \perp \mathbf{C}$), значення питомого магнітного моменту насичення для інтеркальованого кристала $\text{Co}_{0,15}\text{InSe}$ складає $m_s = 0,10996 \text{ е.м.о./г}$ при напруженості магнітного поля $\mathbf{H} = 3000 \text{ Е}$. При вимірах $m = f(\mathbf{H})$ в конфігурації ($\mathbf{H} \parallel \mathbf{C}$) значення $m_s = 0,06576 \text{ е.м.о./г}$. Значення коерцитивної сили \mathbf{H}_c становлять $107,10 \text{ Е}$ і $157,90 \text{ Е}$, відповідно, для конфігурацій ($\mathbf{H} \perp \mathbf{C}$) та ($\mathbf{H} \parallel \mathbf{C}$), що характерно для магнітотвердих феромагнітних матеріалів.

Синтез ієрархічних наноструктур цинк оксиду методом катодного імпульсного електроосадження

Клепікова К.С.¹, студ.; Клочко Н.П.¹, доц.; Хрипунов Г.С.¹, проф.; М'ягченко Ю.О.², доц., Мельничук Є.Є.², наук. співроб.; Копач В.Р.¹, доц.; Любов В.Н.¹, наук. співроб.; Копач А.В.¹, студ.

¹Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

²Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ

Використання в якості широкозонних н/п анодів гібридних сонячних елементів (DSSC) ієрархічних наноструктур цинк оксиду (ZnO) з великою питомою поверхнею, збільшує кількість адсорбованого барвника-сенсibilізатора та, відповідно, підвищує ККД [1, 2]. Дана робота присвячена дослідженню можливості отримання ієрархічних наноструктур ZnO методом катодного імпульсного електроосадження.

Імпульсне електроосадження масивів ZnO проводилося з водних нітратних розчинів в трьохелектродній електрохімічній комірниці на скляні пластини, покриті прозорими електропровідними оксидними шарами. Використання потенціостата ПІ-50-1.1 забезпечувало регулювання нижньої і верхньої межі катодного потенціалу щодо електрода порівняння $U_{off} = -0,8$ В, $U_{on} = -1,4$ В, відповідно, та підтримання сталої частоти прямокутних імпульсів потенціалу ($f = 2$ Гц \div 1 кГц). Робочий цикл $Dc = T_{on}/(T_{on} + T_{off})$ змінювали від 0,2 до 0,8.

Встановлено, що текстуровані в напрямку <001> нанороди ZnO формуються при $f = 2$ Гц і температурах електроліту не менших 70°C. Охолодження електроліту в процесі електролізу від 85°C до 70°C дозволяє вирощувати на поверхні більш крупних нанородів дрібніші, а при подальшому зниженні температури до 60°C утворювати на їх поверхні тонкі (товщиною 100 нм) шаруваті шестикутні пластинки, і таким чином створювати ієрархічні наноструктури. Нанороди ZnO формуються тільки при $Dc = 0,4$, а структури з великою питомою поверхнею у вигляді мезопористих сіток утворюються при $Dc = 0,8$.

1. V.-M. Guérin, J. Rathousky, Th. Rauporté, *Sol. Energ. Mat. Sol. C.* **102**, 8 (2012).
2. J.Y. Lao, J.Y. Huang, et al., *J. Mater. Chem.* **14** No4, 770 (2004).

Размерная зависимость состава свободных кластеров N₂-Ar

Конотоп А.П., *асп.*; Данильченко А.Г., *млад. науч. сотруд.*;
Коваленко С.И., *канд. физ.-мат. наук*; Самоваров В.Н., *д-р физ.-мат. наук*
ФТИНТ им. Б.И. Веркина НАНУ, г. Харьков

В последние годы широкий интерес вызывают исследования свободных от подложки гетерогенных ван-дер-ваальсовых кластеров. Так, при изучении воздействия на кластеры мощных лазерных импульсов, использование бинарных кластеров позволяет повысить выход заряженных частиц, X-фотонов, инициировать в кластерах, содержащих дейтерий, термоядерные реакции [1].

Ранее [2, 3] было установлено, что состав бинарных кластеров существенно отличается от состава исходной газовой смеси. Задача настоящей работы – изучение состава N₂-Ar кластеров в зависимости от их размеров и состава исходной газовой смеси. Кластеры получали методом сверхзвукового расширения газа в вакуум. Размеры кластеров и их состав определяли электронографическим методом.

В результате теоретического анализа полученных экспериментальных данных впервые установлено соотношение для концентрационного состава кластеров N₂-Ar:

$$C_{\text{Ar}}^{\text{cl}} = \exp \left[\frac{\beta}{4\pi} (C_{\text{CR}} - C_{\text{Ar}}^{\text{gas}}) \times \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} \right) \right] \quad (1)$$

где $C_{\text{Ar}}^{\text{cl}}$ – концентрация аргона в кластере; $C_{\text{Ar}}^{\text{gas}}$ – концентрация аргона в газовой смеси; $C_{\text{CR}} = 0,75$ ат.дол. – критическая газовая концентрация Ar, выше которой формируются только чистые Ar кластеры; R – радиус кластера; R_0 – критический радиус кластера, выше которого имеет место переход от чистых кластеров Ar к бинарным N₂-Ar; $\beta/4\pi = 23 \text{ \AA}$ для N₂-Ar системы. Установлено, что предложенное соотношение справедливо и для Ar-Kr и Kr-Xe систем.

1. A. Heidenreich et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **103**, 10589 (2006).
2. O.G. Danylchenko et al., *Fiz. Nizk. Temp.* **32**, 1551 (2006).
3. Sh. Yang, L. Philippe, M. Châtelet, *J. Cluster Scien.* **18**, 855 (2007).

Влияние отжига на структуру многослойных пленочных композиций C/Si

Журавель И.А., асп.; Бугаев Е.А., старш. науч. сотруд.;
Конотопский Л.Е., студ.; Зубарев Е.Н., старш. науч. сотруд.;
Севрюкова В.А., млад. науч. сотруд.; Кондратенко В.В., глав. науч. сотруд.
Национальный технический университет
“Харьковский политехнический институт”, г. Харьков

Многослойные пленочные композиции C/Si могут использоваться в качестве высокоразрешающих отражающих покрытий для диапазона длин волн 17 – 35 нм [1]. Также эта система эффективна и в других сферах применения – низкотемпературном синтезе карбида кремния [2] и изготовления антифрикционных покрытий [3]. Подробное исследование структурных преобразований в многослойной композиции является важным для всех вышеуказанных сфер.

Многослойные пленочные покрытия C/Si были нанесены методом прямого магнетронного распыления в среде аргона на подложки из кремния и полированного кварца. Исследование структуры проводилось методами просвечивающей электронной микроскопии, малоугловой рентгеновской дифракции и рентгеновского фазового анализа. Отжиг проходил в вакуумной камере в диапазоне температур 100 – 1050°C в течение двух часов.

Было выявлено, что в исходном состоянии в многослойной пленочной композиции C/Si наличествуют перемешанные зоны размером 0.6 – 0.7 нм на границах раздела C/Si и Si/C. Обнаружено, при температуре 700°C начинается процесс кристаллизации α -SiC в перемешанных зонах, а при 900 – 950°C нанокристаллы SiC прорастают в слои кремния. Данный процесс сопровождается образованием пор в кремниевых слоях.

1. D.L. Windt, S. Donguy, J. Seely, B. Kjornrattanawanich, *Appl. Opt.* **43**, 1835 (2004).
2. C.K. Chung, T.Y. Chen, C.W. Lai, *J. Nanopart. Res.* **13**, №10, 4821 (2011).
3. O.V. Penkov, Ye.A. Bugayev, I. Zhuravel, V.V. Kondratenko, A. Amanov, D.-E. Kim, *Trib. Lett.* **48**, 123 (2012).

Влияние электронно-лучевой обработки (ЭЛО) поверхности на нанотвердость пленочно-порошковых покрытий

Кравченко Ю.А., канд. физ.-мат. наук; Бабко И.И., студ.

Сумской государственной университет, г. Сумы

Вопросы повышения твердости приповерхностной области металлов вызывают интерес к пленочно-порошковым покрытиям (напр. $\text{TiN/Cr/Al}_2\text{O}_3$ толщиной до 100 мкм), которые комбинируют в себе высокую твердость керамики и пассивирующие свойства Cr и Ti. Однако результат применения высокоскоростного осаждения порошка потоками импульсной плазмы, вакуумно-дуговой конденсации пленок и последующей термической активации поверхности низкоэнергетическими сильноточными пучками электронов (НСЭП) является малоизученным. Исследование влияния НСЭП на твердость поверхности $\text{TiN/Cr/Al}_2\text{O}_3$ и её изменение после ЭЛО проводилось путем измерения нанотвердости образцов. Было установлено, что сканирование поверхности ЭП позволяет увеличивать твердость покрытий в сравнении с исходным состоянием от 8 до 9×10^9 Па. При этом геометрия обработки поверхности НСЭП особо не влияет на нанотвердость защитного слоя. Кривые нагружения с обработанного ($q = 4,8 \times 10^8$ Вт/м²) и необработанного участков покрытия почти совпадают. Значит, при выбранном шаге сканирования все точки поверхности нагревались практически до одинаковой температуры. Комбинация времени воздействия ЭП и количества теплоты, вводимого в единицу площади, позволяет изменять фазовый состав поверхности. Поэтому считаем, что именно высокое содержание α -фазы Al_2O_3 в покрытиях $\text{TiN/Cr/Al}_2\text{O}_3$ ($q = 4,8 \times 10^8$ Вт/м²) приводит к увеличению нанотвердости защитного слоя по сравнению с покрытиями, обработанными ЭП с $q = 2,4 \times 10^8$ Вт/м².

Двукратное применение ЭП с $q = 7,6 \times 10^6$ Вт/м² позволяет повысить нанотвердость защитного слоя до $9,1 \times 10^9$ Па. Считаем, что в условиях незначительного восстановления α -фазы Al_2O_3 , причиной таких изменений выступают процессы дегазации и массопереноса атомов Ti и N в приповерхностных участках покрытия.

Таким образом, определяющую роль в повышении нанотвердости $\text{TiN/Cr/Al}_2\text{O}_3$ играют время воздействия и плотность энергии ЭП.

Опис стану пластичної течії в аморфних тілах

Ющенко О.В., доц.; Троцька Д.С., асп.;

Курочка С.В., студ.

Сумський державний університет, м. Суми

У зв'язку з розвитком нанотехнологій особливої уваги набула проблема створення новітніх матеріалів із заданими властивостями. У процесі створення таких матеріалів, або при удосконаленні властивостей вже наявних, найчастіше виникають питання щодо майбутньої міцності та пластичності. При цьому структура дефектів та її вплив на деформацію матеріалу відіграє найважливішу роль.

Як відомо, у випадку кристалічних твердих тіл опис пластичної деформації найчастіше пов'язують із зародженням і переміщенням дислокацій всередині зерен. Проте, з іншого боку, пластична течія завжди зароджується на рівні елементарних точкових дефектів різної фізичної природи. Тому при аналізі стану пластичної течії у різних матеріалах досить актуальним постає питання про вплив точкових дефектів на поведінку твердого тіла. Розуміння основних закономірностей пластичної течії може бути досягнуто в рамках гідродинамічної теорії, де введена допоміжна змінна $m = (n_0 - n)/n_0$, що відповідає частці локального вільного об'єму. Тут n – кількість частинок матеріалу в одиниці об'єму; n_0 для кристалів можна трактувати як щільність частинок, яку буде мати система при стисненні нескінченним тиском при незмінному значенні постійної решітки; відповідно, для аморфних тіл n_0 можна визначити, як щільність частинок після стиснення нескінченним тиском за умови незмінності відстані до найближчого сусіда. Виявляється, що значення параметра m є критичним при аналізі пластичної деформації твердих тіл. Дійсно, за відсутності локального вільного об'єму ($n = n_0$, $m = 0$) матеріал знаходиться в твердотільному стані, коли зовнішні навантаження призводять до виникнення пружних деформацій; у разі наявності локального вільного об'єму ($n < n_0$, $m \lesssim 1$) приходимо до стану, коли зовнішні напруги призводять до пластичної течії матеріалу. У даній роботі ми пропонуємо феноменологічну схему, в рамках якої перехід до стану пластичної течії представлений як процес самоорганізації елементарних частинок матеріалу з урахуванням локального вільного об'єму і зовнішнього навантаження.

Аналіз кінетики руху наночастинок

Ющенко О.В., доц.; Бадалян А.Ю., асп.;
Браташ С.О., студ.

Сумський державний університет, м. Суми

Починаючи з 1960-го року інтерес до систем наномасштаба та до їх технічного застосування постійно зростає. Останніми роками [1, 2] особливо привертає увагу рух зважених в рідині золотих (або вкритих золотом) наночастинок, які можуть змінювати свій рух завдяки впливу лазерного випромінювання. Таким чином, в результаті нагрівання наночастинки отримують додаткову внутрішню енергію, яку трансформують в енергію руху.

Беручи в основі канонічну систему Гамільтона, враховуючи силу рідкого тертя у вигляді формули Стокса, залежність внутрішньої енергії ε частинки та її трансформацію у повну механічну енергію системи, приходимо до наступної системи диференціальних рівнянь .

$$\begin{aligned}\dot{q} &= \frac{\partial H}{\partial p}, \\ \dot{p} &= -\frac{\partial H}{\partial q} - \gamma \frac{\partial H}{\partial p} + \alpha \varepsilon \frac{\partial H}{\partial p} + \beta \varepsilon \frac{\partial H}{\partial q}, \\ \dot{\varepsilon} &= \frac{\varepsilon_e - \varepsilon}{\tau} - \delta \varepsilon H,\end{aligned}$$

де q, p – координата та імпульс частинки, H – її гамільтоніан, γ – коефіцієнт тертя, α, β, δ – позитивні константи зв'язку, τ – час релаксації, ε_e – значення внутрішньої енергії, що задається зовнішнім впливом. Знаючи вигляд гамільтоніана, дану систему в рамках адіабатичного наближення можна вирішити чисельно за допомогою методу фазової площини.

В результаті на основі фазових портретів було визначено характер стійкості кожного стаціонарного стану системи і проаналізовано рух наночастинок поблизу кожного з цих станів.

1. D. Rings, R. Schachoff, et al., *Phys. Rev. Lett.* **105**, 090604 (2010).
2. O. Yushchenko, A. Badalyan, *Phys. Rev. E* **85**, 051127 (2012).

Аналіз режимів утворення пористих наноструктур

Ющенко О.В., доц.; Жиленко Т.І., ст. викл.;

Макашенець М.С., студ.

Сумський державний університет, м.Суми

На сьогоднішній день розвиток різних галузей науки і техніки впритул пов'язаний з використанням наноструктурованих матеріалів. При цьому нанопористі матеріали здобули широкий спектр застосування від процесів каталізу та очищення рідини до використання трансплантатів в медицині. Але у більшості випадків виробництво нанопористих матеріалів зустрічається з багатьма технічними проблемами, тому величезне практичне значення мають розробка нових та вдосконалення вже існуючих технологій отримання нанопористих матеріалів.

Формування наноструктур в ході конденсації досягається, як відомо, за рахунок широкого спектру технологій, таких як молекулярно-променева епітаксія, електролітичне осадження, газофазна та рідиннофазна епітаксія і т.д. В нашій роботі ми зупинилися на процесі конденсації речовини при досить низьких, постійних у часі пересиченнях. За основу теоретичного розгляду даного процесу було прийнято самоузгоджений опис поверхневої концентрації адсорбованих атомів, температури поверхні та потоку десорбції. Для опису умов максимально наближених до експерименту у рівняннях еволюції потоку та температури були також враховані флуктуації у вигляді мультиплікативного та адитивного шуму. Після застосування відповідних наближень із системи трьох диференціальних рівнянь, було отримане рівняння Ланжевена та відповідне рівняння Фоккера-Планка. На основі їх аналізу була побудована фазова діаграма системи, яка дозволяє в залежності від зовнішніх параметрів проаналізувати режими реалізації різних процесів: від випаровування та конденсації, до режиму утворення пористих наноструктур.

В результаті було доведено теоретично, що область фазової діаграми, для якої характерним є процес утворення пористих наноструктур, реалізується тільки для невеликого діапазону параметрів системи, що підтверджується експериментально.

Трансформация энергии тонкопленочными металлическими наноструктурами. Молекулярно-динамическое моделирование

Коноваленко Ив.С., млад. науч. сотруд.;

Зольников К.П., *ведущ. науч. сотруд.*;

Коноваленко Иг.С., млад. науч. сотруд.; Псахье С.Г., *дир.*

ИФПМ СО РАН, г. Томск

Цель работы – компьютерное изучение структурных изменений на микроуровне в тонкопленочных металлических наноструктурах в процессе их формирования и при нагреве. Объект исследования – двухслойные тонкопленочные наноструктуры, слои которых состоят из атомов одного сорта (Al, Cu или Ni), формируемые самосворачиванием исходно напряженных пленок согласно [1]. Исследования проводились на основе подхода к моделированию процессов формирования наноструктур из многослойных кристаллических пленок [2]. Расчеты выполнялись в рамках метода молекулярной динамики. Межатомное взаимодействие рассчитывалось в рамках метода погруженного атома [3]. Показано, что при импульсном нагреве моделируемых наноструктур они начинают совершать механические колебания, обусловленные существенным различием коэффициентов теплового расширения слоев пленки и их температурных зависимостей. Исследованы особенности преобразования подведенной к наноструктурам тепловой энергии в механическую энергию колебаний их свободных краев, с учетом вязкостных характеристик окружающей среды, в которую они помещены. Изучены особенности структурных изменений на микроуровне в наноструктурах, ответственных за преобразование ими тепловой энергии в механическую. Выполнены оценки эффективности преобразования энергии двухслойными наноструктурами в зависимости от их конфигурации, размера и температуры нагрева.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-08-00817-а).

1. V.Ya. Prinz, D. Grutzmacher, et. al, *Nanotechnol.* **12**, 339 (2001).
2. Iv.S. Konovalenko, K.P. Zolnikov et. al, *Nanosyst.s: Phys. Chem. Math.* **2** No2, 76 (2011).
3. J. Cai, Y.Y. Ye, *Phys. Rev. B.* **54**, 8398 (1996).

Дослідження плівок $Zn_{1-x}Mn_xTe$ методом раманівської спектроскопії

Шевченко М.С., студ.; Климов О.В., асп.; Курбатов Д.І., наук. співроб.
Сумський державний університет, м. Суми

Останнім часом значно зріс інтерес фахівців у галузі матеріалознавства до плівок твердих розчинів $Zn_{1-x}Mn_xTe$, що пояснюється їх унікальними фотолюмінесцентними і магніто-оптичними властивостями. Однак методом раманівської спектроскопії їх властивості у наш час вивчені недостатньо.

Плівки були отримані методом випаровування у квазізамкненому об'ємі на скляних підкладках при наступних умовах: температура випарника становила $T_e = 1073$ К; температура підкладки змінювалась в діапазоні $T_s = (423 - 823)$ К. Час випарування складав $t = 20$ хв. Здійснювалося випарування шихти $Zn_{1-x}Mn_xTe$ напівпровідникової чистоти з вмістом марганцю 10%. Отримані плівки мали полікристалічну структуру стійкої кубічної модифікації з розміром кристалітів $D = (0,50 - 1,12)$ мкм при товщині $d \sim (2 - 4)$ мкм.

Дослідження раманівських спектрів зразків проводилося при кімнатній температурі (293 К) з використанням приладу Witec Alpha SNOM та ексітонного лазера з довжиною хвилі випромінювання 532 нм. Вимірювання проводилися в частотному інтервалі $100 - 900$ cm^{-1} .

На раманівських спектрах спостерігалось ряд інтенсивних ліній при частотах 176,5, 206, 416 та 621 cm^{-1} . За літературними даними ці лінії були інтерпретовані нами як 1TO, 1LO, 2LO, 3LO фононні моди. За зміщенням положення ліній відносно положення характерного для нелегованого ZnTe зроблена спроба визначити вміст марганцю. Ці результати порівнюються з даним отриманими методом EDAX.

Керівник: Опанасюк А.С., доц.

Особливості формування структури іонно-плазмових покриттів твердих розчинів квазібінарних карбідних і боридних систем

Шовкопляс О.А., кер. *НМБЕН*
Сумський державний університет, м. Суми

При отриманні покриттів квазібінарних систем фаз проникнення високі швидкості переохолодження, що властиві іонно-плазмовим методам осадження, створюють умови для формування пересиченого твердого розчину в нерівноважному стані концентраційного розшарування.

У роботі систематизовані результати аналізу впливу умов формування на структурно-напружений стан іонно-плазмових покриттів квазібінарних систем Ti-W-B, Ti-W-C. Покриття наносились при відносно невисоких температурах підкладки ($T/T_{пл} = 0,1 \dots 0,2$, де $T_{пл}$ – температура плавлення), чим забезпечувалась нерівноважність процесу осадження й стабілізація неупорядкованого твердорозчинного стану.

Проведені дослідження показали суттєве розширення можливих структурних і субструктурних станів при нерівноважних умовах отримання матеріалу іонно-плазмовими методами в порівнянні з його макрокристалічним станом.

Встановлено, що при відносно невисокій температурі осадження 80...700°C спостерігається початкова стадія концентраційного розшарування, яке проходить без формування двофазного стану з некогерентною межею.

Виявлена анізотрія розміру кристалітів, яка полягає в збільшенні розміру зерен у напрямку, перпендикулярному площині поверхні (тобто у напрямку падіння плівкоутворюючих частинок) зі збільшенням температури підкладки й товщини покриття. На основі отриманих результатів запропонована модель, відповідно до якої на початкових стадіях росту при відносно невеликих температурах відбувається формування кристалітів із відсутністю суттєвої різниці за розмірами для різних напрямків. Зі збільшенням товщини під дією фактора мінімізації напружено-деформованого стану з'являється суттєва анізотрія у розмірах зерен (зі збільшеними розмірами зерен у напрямку, перпендикулярному площині росту). Зменшення відношення Ti/W приводить до послаблення цього ефекту.

Псевдоморфний ріст аморфної фази при магнетронному розпиленні

Коваль М.О., студ.; Космінська Ю.О., доц.;
Перекрестов В.І., проф.
Сумський державний університет, м. Суми

Дана робота присвячена розв'язку експериментальної задачі отримання надтонких суцільних металевих шарів на діелектричних підкладах. Головною проблемою на шляху вирощування таких шарів є фундаментальні особливості нуклеації плівок, в тому числі явище перколяції, тобто формування досить великих острівців металу на початкових етапах росту плівки та їх поступове зрощування в процесі осадження. Товщина суцільної плівки, яка відповідає саме порогу перколяції, може становити величину більше 20 нм. Таким чином, для зменшення товщини плівки необхідно або знижувати поріг перколяції, або уникати формування тривимірних острівців.

Ідея отримати тонку суцільну плівку базувалась на попередніх результатах по конденсації магнетронно-розпиленої речовини при низьких пересиченнях [1]. Тому в роботі конденсація відбувалась в близьких до рівноваги умовах, реалізованих в модифікованому магнетронному розпилювачі, в добре очищеному вакуумі, при досить великому тиску робочого газу аргону та критично малій потужності розряду (4,8 – 7,5 Вт). В якості підкладок було взято KCl, для запобігання їх розігріву режим наплення був переривчатий, з достатніми паузами.

Таким чином, на початковому етапі росту формується суцільний та дуже тонкий шар (декілька нм) металу. Він має неупорядковану квазі-аморфну структуру, що зароджується за рахунок підвищеної енергії розпилених атомів, які можуть проникати в поверхню на декілька ангстрем, та, в певній мірі, за рахунок стабілізації адсорбованими домішками. При цьому даний неупорядкований шар характеризується підвищеним електричним опором та існуванням деякої критичної товщини, вище якої стрибкоподібно починають формуватися острівці.

1. В.И. Перекрестов, Ю.А. Косминская, *Вісник СумДУ* №10(69), 35 (2004).

Квazірівноважна конденсація титану в накопичувальних іонно-плазмових системах

Мисенко А.О., студ.; Космінська Ю.О., доц.;
Перекрестов В.І., проф.; Корнющенко А.С., ст. викл.
Сумський державний університет, м. Суми

Накопичувальні іонно-плазмові системи характеризуються особливими умовами конденсації речовини, що розпилюється в газовому розряді. Ці умови полягають в тому, що відбувається безпосередня взаємодія плазми і конденсату та досягається наближення до термодинамічної рівноваги при конденсації. В роботі досліджуються дані умови конденсації за допомогою експерименту та математичного моделювання, а також вивчаються механізми утворення структури мікро- та наносистем титанових конденсатів.

Методом фазової площини побудовані фазові портрети системи рівнянь, що описують часову залежність температури ростової поверхні, ступеню пересичення та осаджуваного потоку. Присутність єдиної особливої точки у вигляді стійкого вузла на фазових портретах та значення її координат (пересичення, близькі до нульових) говорять про самоорганізацію критично малих стаціонарних пересичень у використуваній накопичувальній іонно-плазмовій системі. Показано, що ступенем наближення до рівноваги можна керувати, наприклад, шляхом заміни матеріалу підкладки (розглядалися сколи КСІ та скло). Експериментальна частина роботи підтверджує висновки математичної моделі. Так, конденсація на підкладки зі скла приводила до формування тривимірних високо пористих шарів з округлими структурними елементами нарощуваного шару, а у випадку конденсації на сколи КСІ – з огранованими кристалами. В роботі пояснюється механізм зміни росту округлих форм на ограновані на основі ідеї існування критичної енергії десорбції адатомів, яка ділить спектр можливих енергій зв'язку адатомів з поверхнею на такі, що можуть та не можуть реалізуватися в даних умовах конденсації.

В цілому, серія титанових конденсатів характеризувалась ієрархічністю будови шарів, починаючи з нано-”цеглинок”, та добре вираженою пористістю, яку слід розглядати не як випадкову дефектність структури, а як структурну особливість, притаманну даному методу конденсації.

Вплив електричного поля на ріст конденсатів при малих пересиченнях в системі плазма-конденсат

Карчова О.В., студ.; Космінська Ю.О., доц.;
Корнющенко А.С., ст. викл.; Перекрестов В.І., проф.
Сумський державний університет, м. Суми

На відміну від систем «пара–конденсат» або «хімічно активне середовище–конденсат», в основу системи «плазма–конденсат» покладена безпосередня взаємодія плазми магнетронного розряду з ростоюю поверхнею осаджуваного шару, що завдяки фізичним процесам сприяє створенню стаціонарних квазірівноважних умов конденсації речовини. Дані умови є необхідними для отримання різноманітних мікро- та наноструктур.

В даній роботі використовується система «плазма–конденсат», створена на основі магнетронного розпилювача та пустотілого катоду, в якій підкладки розташовуються в катодному вузлі і речовина конденсується в зворотних дифузійних потоках. Від'ємний потенціал та присутність електричного поля над ростоюю поверхнею суттєво впливають на рух осаджуваної речовини, що відображається на структурі конденсату.

З метою з'ясування механізмів структуроутворення в даній системі проведено серію експериментів по осадженню конденсатів титану, міді та алюмінію в зворотних дифузійних потоках при підвищених тисках робочого газу та малій потужності розпилювача. Для дослідження структури та морфології поверхні шарів використовувалися методи електронної мікроскопії. Встановлено, що до загальних закономірностей слід віднести пріоритетний ріст високопористих структур, структурні елементи яких мають стовпчастий характер та ростуть перпендикулярно поверхні підкладки для всіх досліджуваних матеріалів. При достатньо тривалому осадженні спостерігається випереджаючий ріст крупних фрагментів конденсату, виступаючих над ростоюю поверхнею. Очевидно, основний вплив на формування даних структур в квазірівноважних умовах справляє перерозподіл іонізованих осаджуваних потоків електричним полем над рельєфними неоднорідностями. Даний механізм можна назвати польовою селективністю.

Синтез и оптические свойства нанокристаллов CdS в желатиновой матрице при различном значении pH раствора

Бошерницан В.И., *асп.*

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, г. Одесса

В данной работе объектом исследования являлись нанокристаллы CdS, полученные химическим методом из растворов солей кадмия и серы в коллоидном растворе желатины при различном значении pH раствора (4 ÷ 10). Исследовалось влияние этой величины на спектры оптического поглощения и люминесценции, а также на стабильность оптических свойств нанокристаллов.

Обнаружено влияние pH раствора на формирование нанокристаллов и их размер в процессе синтеза: с увеличением величины pH средний радиус частиц (оценивался из спектров оптического поглощения) для pH 6 ÷ 10 увеличивается от 3,5 до 7,8 нм. Установлена зависимость контура спектров люминесценции от pH раствора: с увеличением pH максимум сложной полосы свечения смещался в коротковолновую область (рисунок 1).

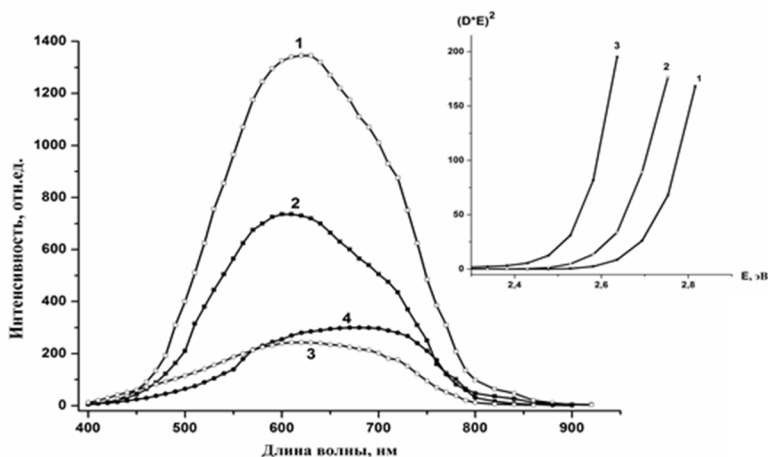


Рисунок 1 – Спектры люминесценции коллоидных растворов нанокристаллов сульфида кадмия, полученных при разных значениях pH раствора: 4 (кривая 4), 6 (2), 8(3), 10(4). На вставке – спектры оптического поглощения НК CdS при pH = 6 (кривая 1), 8 (2), 10 (3).

СЕКЦІЯ 3

«ФІЗИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА»

Пульсові хвилі в медичних інформаційних системах

Крупка О.В., студ.

НТУУ «Київський Політехнічний інститут», м. Київ

Під дією скорочення м'язів серця в його шлуночках підвищується тиск, який називають пульсовим тиском. Він викликає викид крові в аорту, при якому виникають місцеві деформації стінок судин і збільшення їх об'єму. Хвиля, що розповсюджується вздовж судин під час цього процесу отримала назву пульсової, яка є надзвичайно інформативним явищем, яке супроводжує рух крові в судинах і дає можливість отримання інформації про стан людини.

Методи відображення руху крові в судинах актуальною проблемою сучасної фізіології медицини та медичного приладобудування. В діагностиці судин все ширше використовують фотометричні сенсори [1]. Для отримання пульсової характеристики можна використати схему отримання сигналу представлену далі.

Опромінювач направляє світловий потік вибраної довжини хвилі у досліджувану ділянку тіла. Частина світла розсіюється, частина віддзеркалюється, частина поглинається гемоглобіном крові. Зворотний потік світла потрапляє на вхід оптоелектронного перетворювача і на його виході формується електричний еквівалент кровонаповнення. Після первинного перетворювача, сигнал підсилюється, але через те, що пульсова хвиля має надзвичайно малу амплітуду, з виходу підсилювача необхідно робити компенсацію постійної складової сигналу. Далі сигнал потрапляє на фільтр нижніх частот для зменшення рівня шумів. Відфільтрований сигнал підсилюють до необхідного рівня і передають на обробку в мікроконтролер. Після обробки графік процесу та його цифрові параметри можуть відображатися на моніторі [2].

Керівник: Корнев В.П., доц.

1. I.D. Voitovych, Yu.O. Brayko, V.I. Degtjaruk, et al., *Sensor Electronics and Microsystem Technology* **4**, 73 (2009).
2. І.Д. Войтович, В.М. Корсунський, *Інтелектуальні сенсори* (Київ: Ін-т кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України: 2007).

Закономірності поведінки низькочастотної дисперсії на діелектричних спектрах шаруватих кристалів GaSe

Флюнт О. Є., *старш. наук. співроб.*

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів

Значне зростання діелектричної проникності та діелектричних втрат середовища у разі пониження частоти змінного електричного поля відповідно до закону $1/\omega^{1-n}$, де ω – циклічна частота, показник степеня n близький до нуля, називають низькочастотною дисперсією (НЧД) або квазіпровідністю. Цього типу діелектричний спектр можна розглядати як один з граничних проявів універсального степеневого закону релаксації.

Складність пояснення поведінки НЧД зі зміною температури пов'язана як з відповідністю спектра степеневій залежності з нецілими значеннями n , так і з незалежністю показника степеня НЧД від температури, що переважно спостерігають експериментально. Часте домінування НЧД у відгуках сенсорів різних фізичних величин, зокрема концентрації газів і атмосферної вологості, зумовлює важливість розуміння процесів діелектричної релаксації цього типу, зокрема, для оптимізації параметрів роботи фізичних сенсорів.

Для пояснення поведінки НЧД зі зміною температури запропоновано модель на основі розподілу ефективних диполів системи за часами релаксації відповідно до степеневого закону. Розподіл пов'язаний з утворенням груп диполів, які виникають в результаті взаємодії між елементарними диполями; стрибки квазілокалізованих носіїв заряду можна розглядати як обертанням елементарних диполів між напрямками з мінімумами енергії. Показано, що діелектричний відгук на певній частоті в діапазоні домінування НЧД лише частково зумовлений ефективними диполями середовища з відповідними характерними частотами. Чим менше значення n , тим вагомішим є внесок ряду ефективних диполів з більшими часами релаксації. Проведено порівняння параметрів та характеру поведінки зі зміною температури НЧД низькоомних шаруватих кристалів GaSe з прогнозованими відповідно до запропонованої моделі. Модель пояснює незалежність показника степеня НЧД від температури, дозволяє оцінити енергію активації НЧД та пояснити її залежність від температурного діапазону домінування НЧД.

К вопросу построения малогабаритных фильтров для телекоммуникационных систем

Гарбар А.А., студ.; Рыбалко А.А., ст. преп.
Сумский государственный университет, г. Сумы

Малогабаритные перестраиваемые фильтры относятся к новому направлению развития элементной базы СВЧ электроники. Рассматриваемый в работе тип фильтров охватывает частотный диапазон от 1,2 до 12 ГГц. Известно, что габариты фильтров работающих в миллиметровых и субмиллиметровых диапазонах длин волн укладываются в пределы 1,5 – 5 см². В работах [1, 2] показано, что фильтры СВЧ могут заменить существующие приборы на железо-иттриевом гранате, диэлектрических резонаторах, приборы на варакторах и акустических волнах.

В данной работе рассмотрены результаты численного моделирования фильтра, основанного на двух LC- резонаторах в сочетании с коаксиальными линиями. Все элементы фильтра интегрированы в подложку, причем предлагается новый метод интеграции, в котором необходим, только один слой печатной платы. Кроме того, он не требует высокого разрешения травления металлических слоев. Такой метод построения основан на внедрении емкостных проводников в виде сосредоточенных конденсаторов или разомкнутого коаксиального шлейфа.

Установлено, что структура на основе коаксиального шлейфа показывает лучшие значения вносимых потерь по сравнению с аналогичной моделью с сосредоточенными составляющими за счет увеличенного объема фильтра. Вносимые потери зависят от ширины используемой подложки.

Показано, что модель на основе интегральных элементов можно эффективно использовать при этом погрешность на центральной частоте около 3,6% , а вносимые потери – 0.1 Дб.

Работа выполнена в рамках г/б темы № 0112U001379.

1. L.-S. Wu, X.-L. Zhou, et. al., *IEEE Microw. Wirel. Co.* **3**, 161 (2009).
2. L.-S. Wu, X.-L. Zhou, et. al., *IEEE T. Microw. Theory* **10**, 2654 (2010).

Застосування НВЧ методів у вологометрії

Косинець І.І., *магістр.*; Рибалко О.О., *ст. викл.*
Сумський державний університет, м. Суми

У сучасних технологічних процесах потрібні універсальні прилади, які могли б контролювати вологість широкого кола матеріалів, оскільки вологість в значній мірі позначається на оброблюваності матеріалів, тривалості їх збереження, а також на якості і вартості більшості продуктів. Надлишок або відсутність вологи в матеріалі впливає на його фізико-хімічні, фізико-механічні та експлуатаційні властивості, а також на якісні показники. Швидке і точне визначення вмісту води в тому чи іншому матеріалі є найважливішим завданням. Тому створення високоточних і надійних НВЧ вологомірів, які б змогли працювати в складних експлуатаційних умовах, є однією з актуальних проблем.

Найбільш перспективним методом для вимірювання величин, які характеризують вологість речовин у твердому і рідкому станах, є діелекметричний метод в НВЧ діапазоні. Вибір такого діапазону вологості для цілей точного контролю диктується діелектричними властивостями самої води, а також рядом інших переваг: безконтактністю, швидкістю, екологічною безпекою, великою інформаційною ємністю, можливістю роботи в умовах запиленості, а також дешевизною і простотою апаратури.

У роботі докладно розглянуті НВЧ-методи, які поділяються на:

1. Метод вільного простору - досліджуваний матеріал поміщають між двома антенами (з використанням прохідної та відбитої хвиль).

2. Резонаторний метод - досліджуваний матеріал поміщають в резонатор.

3. Хвилеводний метод - досліджуваний матеріал поміщають у відрізок хвилеводної лінії.

4. Зондовий метод - зонд занурюють в досліджуваний матеріал.

При цьому було встановлено, що вологоміри, засновані на вимірі у вільному просторі, знайшли найбільше практичне застосування завдяки простоті технічних рішень, високій чутливості, широкому динамічному діапазону, малій похибці вимірювання та низькій вартості елементів НВЧ-тракту в сантиметровому діапазоні.

Робота виконана в рамках д/б теми № 0112U001379.

Применение микроволновой сканирующей микроскопии в производстве наноконпонент

Кобрик А.А., студ.; Рыбалко А.А., ст. преп.
Сумский государственный университет, г. Сумы

Сканирующая микроволновая микроскопия (СММ) относится к современному направлению экспериментальных исследований материалов и объектов с наноразмерной разрешающей способностью. Наибольшее развитие СММ достигла в области диагностики высокотемпературных полупроводниковых материалов и структур.

Работа сканирующей микроволновой микроскопии базируется на использовании принципов ближнеполевого СВЧ контроля параметров объектов, включая измерение электрофизических параметров материалов. Система для СММ состоит из трех основных блоков: блок управления координатным столом, блок датчика на основе ближнеполевого микроволнового первичного преобразователя и блок обработки и визуализации данных. Датчик содержит кроме первичного преобразователя систему формирования измерительного СВЧ сигнала, а также электронные приборы после детекторного выделения и обработки информативных сигналов. Первичный измерительный преобразователь состоит из микроволнового зонда, а также приборов его возбуждения и вывода СВЧ энергии.

Система позиционирования имеет дополнительные возможности увеличения площади сканирования с уменьшенной пространственной разрешающей способностью.

Система управления и обработки данных обеспечивает синхронизацию работы всего микроскопа, а также необходимый результат их представления.

Перспективность применения сканирующей микроволновой микроскопии в производстве наноматериалов и нанотехнологий связана с функциональными возможностями и более глубоким зондированием приповерхностной области объектов исследования. Особенно широкие функциональные возможности СММ наблюдаются при её применении в диагностике полупроводниковых материалов.

Работа выполнена в рамках г/б темы № 0112U001379.

Вплив протонів низьких енергій на параметри гетероструктури GaSe-InSe

Сидор О.М., наук. співроб.; Сидор О.А., наук. співроб.; Ковалюк З.Д., керівник відділення; Дубінко В.І.,* пров. наук. співроб.

Чернівецьке відділення інституту проблем матеріалознавства НАНУ, м. Чернівці

*НДК “Прискорювач” ННЦ “Харківський фізико-технічний інститут” НАНУ, м. Харків

У даній роботі досліджено вплив 30 кеВ-протонів з флюенсом 10^{13} см⁻² на гетероструктуру (ГС) *p*-GaSe-*n*-InSe, виготовлену методом прямого оптичного контакту шаруватих кристалів. Останні характеризувалися наступними значеннями $\sigma_{\parallel C}$: $(1 \div 5) \cdot 10^{-2}$ Ом⁻¹·см⁻¹ (*n*-InSe) та $(6 \div 8) \cdot 10^{-3}$ Ом⁻¹·см⁻¹ (*p*-GaSe). ГС володіла параметрами: коефіцієнтом неідеальності ВАХ $n=1,7$, коефіцієнтом випрямлення $K=2 \cdot 10^2$, напругою холостого ходу $U_{xx}=0,62$ В, струмом короткого замикання $J_{кз}=2$ mA/cm², монохроматичними струмовою і вольтовою чутливостями $S_I=0,13$ А/Вт і $S_U=2,4 \cdot 10^3$ В/Вт, відповідно. Для опромінених зразків зростання рекомбінаційної компоненти в струмові збільшувало n на 0,1. Спостерігався незначний спад величин U_{xx} (2 %), $J_{кз}$ (13 %), S_I (8 %) та S_U (4 %). Для ГС (вихідної та опроміненої) при $h\nu=1,25$ eВ зафіксовано екситонний пік в InSe та тонку структуру спектра: мінімум при енергії фотонів, яка відповідає поглинанню екситона в GaSe. Максимум фоточутливості ГС ($\lambda_{\max}=0,64$ мкм) з опроміненням не зміщувався. При протонному опроміненні фотовідгук при $h\nu>2,0$ eВ зменшується, що приводить до незначного звуження області спектральної чутливості (з $0,38 \div 1,01$ до $0,35 \div 1,01$ мкм). У цілому, для флюенса 10^{13} спектральний контур зберігає всі деталі. Встановлено, що протонне опромінення у більшій мірі позначається на параметрах традиційних кремнієвих фотоперетворювачів, ніж на ГС GaSe-InSe. Величини S_I , S_U , U_{xx} та $J_{кз}$ тестового сонячного елемента ІТО-SiO₂-*n*-Si зменшувалися на 15, 94, 35 та 38 %, відповідно. Зроблена інтерпретація процесів, що відбуваються при протонному опроміненні об'єктів, досліджених у даній роботі.

Автоматизована система збору даних та керування вакуумною установкою

Мокренко О.А., асист.; Наталіч В.В., асп.;
Косаренко Н.В., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Технологія отримання мікро- та наносистем забезпечується за рахунок використання сучасних засобів автоматизації та контролю. Відтворюваність результатів експериментів можливо здійснити за рахунок удосконалення технологічного процесу та постійного контролю його основних параметрів, наприклад, температури, тиску, струму тощо.

Для вирішення задачі автоматизації отримання мікро- та наноструктур проаналізовані промислові мікропроцесорні керуючі системи та визначено способи модернізації вакуумних установок. Враховуючи структуру розглянутих зразків розроблено мікропроцесорну систему, яка містить мікроконтроллер ATmega48, блоки нормалізації аналогових сигналів, відображення інформації та керування, і призначена для збору даних з первинних перетворювачів та керування вакуумною установкою ВУП-5М.

Спроектвана система має 6 аналогових входів та 10 цифрових виходів. Використання вбудованого АЦП дозволяє здійснювати вимірювання з похибкою не гірше 1%; для оперативного контролю дані виводяться на рідкокристалічний дисплей та можуть зберігатися на жорсткий диск. Частота дискретизації сигналу по кожному з каналів складає не менше 16 Гц, що дозволяє, за необхідності, встановити залежність експериментальних даних від параметрів технологічного процесу.

Водночас, із-за обмеження кількості портів вводу-виводу, управління можливе тільки 10 виконавчими елементами. Цей недолік може бути усунутий шляхом застосування розширювачів портів вводу-виводу або вибором іншого мікроконтроллера.

Обмін інформацією між керуючою системою та електронно-обчислювальною машиною здійснюється через стандартний інтерфейс RS-232 за допомогою спеціально розробленого протоколу.

Система дозволяє автоматизувати проведення експериментів та забезпечувати постійний контроль основних параметрів.

Розроблення блока збору даних електрокардіографа ЕКТ1Т-04

Мокренко О.А., асист.; Феденко Н.О., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Електрокардіограма – це графічне представлення електричної активності серця. Подібні типи біомедичних сигналів знайшли широке застосування в медичній практиці для визначення основних показників, які характеризують фізіологічний стан людини.

Використання сучасних медичних приладів в навчальному процесі обмежується їх високою ціною. Модернізація електрокардіографів попередніх поколінь (наприклад, одноканального ЕКТ1Т-04) дозволить в повній мірі використати їх для реєстрації біопотенціалів з подальшою обробкою сигналів за допомогою ЕОМ та відмовитися від реєстрації даних на паперовому носії.

На основі аналізу функціональної схеми приладу ЕКТ1Т-04 розроблено додатковий вузол збору даних, який складається з блоків нормалізації, аналого-цифрового перетворення сигналу та передачі даних. Електричний сигнал знімається з виходу каскаду підсилювача постійного струму електрокардіографу та подається на вхід операційного підсилювача блоку нормалізації, далі через низькочастотний фільтр та вхід АЦП мікропроцесорної системи.

Частота перетворення аналогового сигналу складає 100 Гц, що перевищує ширину полоси пропускання електрокардіографу, і не призводить до спотворення корисного сигналу. Використання додаткових фільтрів зменшує вплив високочастотних завад.

Застосування спеціального програмного забезпечення дозволяє здійснювати обмін інформацією між ЕОМ та блоком збору даних за допомогою шини USB. Використання алгоритмів цифрової обробки електрокардіограм дозволяє додатково здійснювати видалення артефактів, зменшувати вплив завад, визначати основні показники, проводити статистичну обробку даних.

Вдосконалений блок збору даних може використовуватися з іншими біомедичними приладами, що значно розширить їх функціональні можливості та дозволить проводити аналіз отриманих даних, використовувати морально застарілі прилади для навчання спеціалістів в області медичної техніки.

Влияние потока нейтронов на параметры сенсора давления

Ильин С.В., *асп.*

Государственный экологический университет, г. Одесса

Создание новых типов микрoeлектронных сенсоров, работоспособных в широком диапазоне уровней ионизирующих излучений приобретает в настоящее время особую актуальность в связи с развитием ядерной энергетики, авиационной и космической техники. Целью работы было исследование влияния потока нейтронов на параметры сенсора давления. Величина потока нейтронов определялась с помощью детекторов типа S^{32} с погрешностью измерения не более $\pm 20\%$, погрешность измерения которых не превышает $\pm 20\%$.

Таблица 1 – Результаты измерения контролируемых параметров до и после воздействия потока нейтронов.

№ изделия	$\Phi_{0,1}$ н/см ²	$\Sigma\Phi_{0,1}$ н/см ²	Измер. парам.	Ед. изм.	Значения параметров изделия		Время потери работоспособности с
					До	После	
001	$7,80 \times 10^{13}$	$12,44 \times 10^{13}$	$U_{вых}$ $I_{ут}$	МВ нА	+14,04 23	+14,16 23	100×10^{-6}
002	$9,07 \times 10^{13}$	$15,78 \times 10^{13}$	$U_{вых}$ $I_{ут}$	МВ нА	-8,275 23	-8,360 23	150×10^{-6}
001	$1,45 \times 10^{14}$	$2,69 \times 10^{14}$	$U_{вых}$ $I_{ут}$	МВ нА	+14,11 19	+14,30 21	Отказ
002	$1,45 \times 10^{14}$	$3,71 \times 10^{14}$	$U_{вых}$ $I_{ут}$	МВ нА	-8,429 20	-8,634 20	Отказ

Как видно из результатов испытаний, воздействие потока нейтронов $\Phi_n = 10^{12} - 10^{13}$ н/см² приводит к увеличению выходного напряжения, что, однако, не вызывает отказа преобразователей. Время потери работоспособности при этом не превышает 150 мкс. При воздействии потока нейтронов $\Phi_n > 10^{13}$ н/см² выходное напряжение увеличивается еще больше, что приводит к отказу преобразователей. Ток утечки при этом практически не увеличивается.

Руководитель: Мещеряков В.И., *проф.*

Микропроцессорная система сбора и обработки аналоговых данных параметров работы ГДИ

Дорошенко Д.Ю., асп.; Рубан А.И., доц.
Сумский государственный университет, г. Сумы

В данной работе предложена микропроцессорная система сбора и обработки аналоговых данных параметров работы генератора дифракционного излучения (ГДИ) (рис.1).

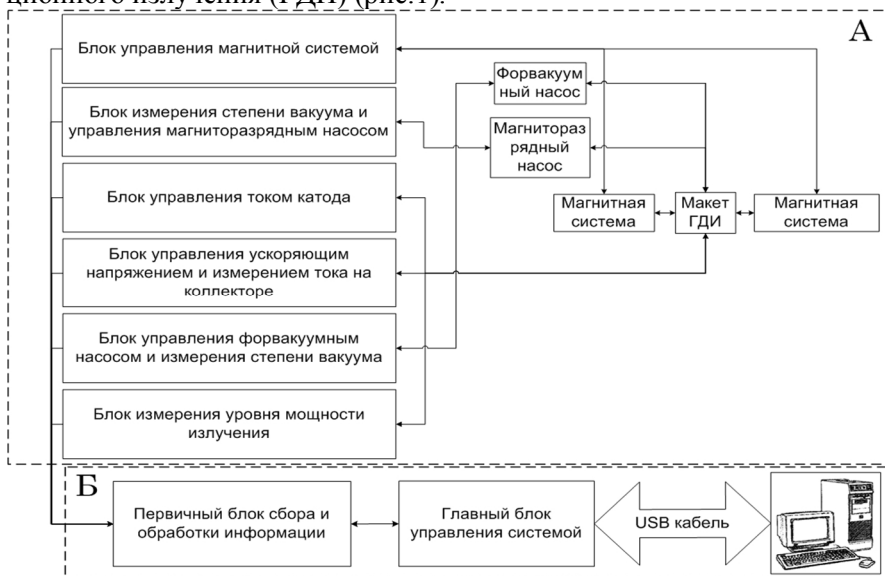


Рисунок 1 – Блок-схема: экспериментальная установка по исследованию ГДИ (А), микропроцессорная система сбора и обработки аналоговых данных (Б)

Данная система позволяет одновременно фиксировать в течении 0,3 секунд степень вакуума в системе, ускоряющее напряжение, ток накала электронной пушки, ток электронного пучка, силу поля магнитной системы и мощность дифракционного излучения, а также повысить точность измерений.

Работа выполнена в рамках г/б темы №0112U001379.

К вопросу выбора оптимальной связи полей дифракционной решетки с поверхностной волной диэлектрического волновода

Рыбалко Ю.А., *магистр*.

Сумский государственный университет, г. Сумы

При экспериментальном моделировании электронно-волновых процессов, важным является выбор оптимального расстояния (прицельного параметра) между источником поверхностной волны – диэлектрическим волноводом (ДВ) и дифракционной решеткой (ДР). От величины этого расстояния зависит не только качество связи полей ДР и ДВ, но и угол излучения. В работе [1] указано, что величина прицельного параметра не влияет на величину угла излучения. Однако, при экспериментальном исследовании дифракции поверхностных волн ДВ на периодических структурах появляется зависимость угла излучения от величины прицельного параметра, что обусловлено существованием связи волновода медленных волн и решетки. Установлено, что коэффициент связи такой электродинамической системы зависит от прицельного параметра и характеристик ДВ (поперечного сечения, материала ДВ). Таким образом, изменение величины прицельного параметра приводит к соответствующему изменению коэффициента связи системы ДВ – ДР. Если решетка находится за пределами эффективного сечения волновода или на его границе - слабая связь. Сильная связь - решетка расположена в пределах эффективного сечения. При сильной связи дифракционная решетка оказывает возмущающее действие на распределение поля. Замедление волновода также изменится. При сильной связи в волноводе происходит интерференция волны, распространяющейся вдоль волновода, и волны, рассеянной решеткой. Такая интерференция может привести к возникновению нескольких типов волн в волноводе и, как следствие - появлению спектра пространственных гармоник дифракционного излучения.

Работа выполнена в рамках г/б темы № 0112U001379.

Руководитель: Воробьев Г.С., *проф.*

1. В.П. Шестопапов, *Дифракционная электроника* (Харьков: ХГУ: 1976).

Экспериментальное исследование формирования пучка протонов в зондоформирующей системе с индивидуальными источниками питания четырех магнитных квадрупольных линз

Воробьев Г.С., *проф.*; Пономарева А.А., *асп.*;

Резник А.В., *студ.*

Сумский государственный университет, г. Сумы

Одним из важных вопросов, рассматриваемых при возможности применения ядерного сканирующего микронзонда (ЯСМЗ) в технологии нанофабрикации, является использование заряженных частиц, которые в зависимости от массы и энергии применяются в различных целях. На данный момент для создания трехмерных наноразмерных структур наиболее перспективными являются сфокусированные пучки легких ионов МэВ-ных энергий. Это можно объяснить их наиболее оптимальными свойствами взаимодействия с веществом [1]. Для увеличения разрешающей способности и чувствительности ЯСМЗ необходимо проводить оптимизацию процесса формирования пучка в зондоформирующей системе (ЗФС).

В статьях [2, 3] было описано проведенное нами теоретическое исследование ионно-оптических свойств ЗФС, которая состоит из четырех магнитных квадрупольных линз с индивидуальными источниками питания. Показано, что существует возможность увеличения приведенного аксептанса и повышение значений коэффициентов уменьшения в такой ЗФС.

Получены результаты экспериментального исследования формирования прецизионного пучка протонов в ЗФС с индивидуальными источниками питания квадруплета магнитных квадрупольных линз, которые коррелируют с теоретическими исследованиями.

Работа выполнена в рамках г/б темы № 0112U001379.

1. C. Udalagama, E.J. Teo, S.F. Chan, et al., *Nucl. Instr. Meth. B* **269**, 2417 (2011).
2. G. Ponomarev, G.S. Vorobjov, A.A. Ponomarova, *Radioelectronics and Communications Systems*. **53** No2, 113 (2010).
3. A.A. Ponomarova, K.I. Melnik, G.S. Vorobjov, et al., *Nucl. Instrum. Meth. B*. **269**, 2202 (2011).

Расчет модуляционной характеристики трехэлектродной аксиально-симметричной электронной пушки ЛБВ

Барсуک И.В., млад. науч. сотруд.; Бондаренко А.М., студ.;

Воробьев Г.С., проф.

Сумский государственный университет, г. Сумы

Возрастающие требования к выходным характеристикам современных приборов СВЧ типа ЛОВ, ЛБВ обуславливают необходимость разработки и совершенствования методик оптимизации рабочих режимов систем формирования и фокусировки электронных пучков в таких приборах.

В данной работе предложена методика расчета модуляционной характеристики на примере электронной пушки в типичном трехэлектродном исполнении [1], что позволяет определять значения тока эмиссии катода в области отрицательных значений фокусирующего потенциала, а также запирающее напряжение без проведения эксперимента.

Аналогия схемы управления током с помощью модулятора в электронных лампах и фокусирующего электрода в электронных пушках позволила применить методику получения базового уравнения модуляционной характеристики с помощью методики, изложенной в [2]. Анализ структуры поля на оси системы для различных потенциалов фокусирующего электрода, полученной путем применения метода конечных интегралов (ФИТ), позволил определить среднее значение проницаемости первого анода, необходимое для решения базового уравнения. В результате была построена модуляционная кривая, позволяющая аналитически описать характер изменения тока эмиссии катода, использованного в исследуемой аксиально-симметричной электронно-оптической системе, при задании отрицательных значений потенциала на фокусирующем электроде и оптимизировать интервалы задаваемых параметров при последующем траекторном анализе движения электронов.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы № 0112U001379.

1. *Vacuum Electronics. Components and Devices: Ch. 4* (Ed. by J.A. Eichmeier and M.K. Thumm) (Springer: 2008).
2. А.А. Жигарев, *Электронная оптика и электронно-лучевые приборы* (Москва: Высш. школа: 1972).

Экспериментальное исследование электродинамических характеристик распределенно-связанных диэлектрических волноводов с металлическим экраном

Кривец А.С., доц.; Номеровский В.В., студ.;
Радько А.С., студ.; Бондаренко П.С., студ.
Сумский государственный университет, г. Сумы

Направленные ответвители (НО) широко применяются в электронике, как в качестве самостоятельных устройств, так и в качестве элементов радиоэлектронной аппаратуры. В миллиметровом и субмиллиметровом диапазоне по причине широкополосности наибольшее распространение получили НО на базе диэлектрических волноводов (ДВ) с дифракционной и распределенной связью. Данная работа посвящена поиску новых модификаций аналогичного типа НО.

Исследуемая распределенно-связанная волноводная система реализована в виде двух полистироловых диэлектрических волноводов ДВ₁ и ДВ₂ с сечением $7,2 \times 3,4 \text{ мм}^2$, которые расположены на расстоянии a друг от друга. Сверхвысокочастотный сигнал подавался на вход основного тракта ДВ₁. Для изучения влияния металлического экрана протяженностью L на волноводные характеристики исследуемой модели он располагался на расстоянии b от вспомогательного ДВ₂, с возможностью его плавной регулировки.

Экспериментальное исследование волновых процессов проводилось в частотном диапазоне $26 \div 37 \text{ ГГц}$ при помощи панорамного измерителя КСВН и ослабления.

На основании проведенных исследований можно сделать выводы о возможности управления ответвленной мощностью, при помощи металлического экрана, что дает основание для реализации электронного типа управления, при замене металлического экрана полупроводниковым слоем, в том числе и в НО реализованных по планарным технологиям. Управляющее действие металлического экрана в $3 \div 4$ раза менее чувствительно по сравнению с управлением расстоянием между волноводами a , что перспективно при продвижении в более высокочастотную область.

Работа выполнена при поддержке г/б темы № 0112U001379.

Численное моделирование электродинамических характеристик экранированных распределено-связанных диэлектрических волноводов

Дорошенко Д.Ю., *асп.*; Щетинина С.Ю., *студ.*;
Михайличенко А.В., *студ.*; Чернова Е.С., *студ.*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Направленные ответители (НО), выполненные с использованием диэлектрических волноведущих систем, нашли широкое применение в современной радиоэлектронной аппаратуре миллиметрового и субмиллиметрового диапазона длин волн. Несмотря на постоянный интерес к данному виду функциональным устройствам, тематика не утратила свою актуальность, о чем можно судить по публикациям и патентам, изданным за последние годы.

В основе работы любого НО заложена реализация локальной, распределенной или дифракционной связи между несколькими волноведущими структурами, а также управление степенью взаимодействия и параметрами этой связи. Традиционно, степень взаимодействия между линиями поверхностных волн изменялась коррекцией расстояния между ними. В данной работе, методом конечных временных разностей и анализа элементов матрицы рассеивания (S- параметров), проведено численное моделирование влияния экранов с разной проводимостью на управление перераспределением электромагнитной энергии между диэлектрическими волноводами в частотном диапазоне от 26 до 37 ГГц.

Основываясь на полученных результатах численного исследования можно сделать выводы о перспективности реализации управления степенью взаимодействия посредством изменения расстояния между проводящей плоскостью и диэлектрическим волноводом, а также изменением проводимости полупроводникового слоя расположенного на стационарном расстоянии от волновода. Данные результаты могут быть использованы при реализации электронного типа управления НО и функциональных систем на их основе, в том числе и выполненными по планарным технологиям.

Работа выполнена при поддержке г/б темы № 0112U001379.

Руководитель: Кривец А.С., *доц.*

Уменьшение времени отклика в нано-биосенсорах

Вакулка И.Ю., студ.

НТУУ « Киевский политехнический институт », г. Киев

Время отклика биосенсоров, которое сильно зависит от передачи биомолекул на поверхность датчика, является важным фактором для будущего применения биосенсоров.

Для исследования переноса массы на углеродные нано-трубки (УНТ) FET-датчиков в качестве модели белка используется поли-L-лизин (ПЛЛ). Поли-L-лизин – позитивно заряженный белок, который оказывает сильные связывающие свойства относительно отрицательно заряженной подложки SiO₂ устройства. УНТ располагаются на заряженной поверхности, погруженной в раствор электролита. Чтобы уменьшить время обнаружения нано-биосенсора, изменим продолжительность L верхней связывающей области. Нанесем белок отталкивающий полиэтиленгликоль (PEG) на поверхности SiO₂ выше относительно датчика. В PEG модифицированном биосенсоре, протяженность связывающей области L уменьшается с 1 см до 40 мкм, что уменьшает истощение δ глубинной от 1,3 мкм до 200 нм [1].

Таким образом, наблюдаем в 2,5 раза увеличение стационарного потока на единицу времени jD , что соответствует значительно лучшему времени обнаружения. Отметим, что другие биосенсоры использующие данную технологию, могли бы реализовать много усовершенствований, при условии, что датчики не работают в режиме ограниченного режима, и отталкивающий слой белка успешно подавляет адсорбцию анализируемых связывающих областей. Коэффициент усиления для jD увеличивается по мере уменьшения L. Таким образом, дальнейшая миниатюризация L (без ущерба сигнал-шум) - это захватывающее направление для будущих исследований.

Руководитель: Чадюк В.О., доц.

1. Matthew R. Leyden, Robert J. Messinger, Ethan D. Minot, et al., *Lab Chip* **12**, 954 (2012).

Пространственные и волноводные характеристики периодических металлodieлектрических неоднородностей

Воробьев Г.С., *проф.*; Петровский М.В., *доц.*;
Кучеренко А.П., *студ.*

Сумский государственный университет, г. Сумы

В электронике и технике миллиметровых и субмиллиметровых волн широкое распространение получили открытые волноведущие и резонансные системы. При определенных параметрах в таких электродинамических системах осуществляется формирование пространственных полей и возможна реализация усиления или генерации электромагнитных колебаний. Электродинамические свойства таких систем определяются пространственными характеристиками возбуждающих элементов: отражательных и ленточных дифракционных решеток различных модификаций.

Эффективными методами изучения характеристик таких систем являются методы экспериментального моделирования и численные методы, реализующие конечно-разностную схему решений уравнений Максвелла во временной области.

Использование этих двух подходов позволяет получить наиболее полное представление о процессах электромагнитного взаимодействия в резонаторных и волноводных системах с различного рода замедляющими структурами.

В работе исследованы пространственные и волноводные характеристики отражательных и ленточных дифракционных решеток, а также металлodieлектрических структур, на которых возможна реализация черенковского, дифракционного, дифракционно-черенковского излучения. Определены оптимальные условия возбуждения гармоник дифракционного поля в зависимости от параметров излучающих систем по максимуму излучаемой мощности и спектру диаграммы направленности. Проведенные исследования указывают на возможность создания излучающих систем с наперед заданными характеристиками для реализации конкретных схем генераторов и усилителей мощности СВЧ.

СЕКЦІЯ 4

«ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ У МАТЕРІАЛАХ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ»

Електромеханічні властивості плівок інвару

Тищенко К.В., інж.

Сумський державний університет, м. Суми

Сплав Ni-Fe з концентрацією $c_{Fe} \cong 64$ ат. % (інвар) широко застосовується в сучасному приладобудуванні. Інвар характеризується відносно малим модулем пружності та температурним коефіцієнтом лінійного розширення, що дозволяє використовувати його у високоточних приладах, які працюють в широкому інтервалі температур, таких як супутники, орбітальні телескопи та ін. Фізичні властивості масивного інвару на сьогодні вивчені досить детально, в той же час механічні та електромеханічні властивості плівок інвару не досліджувались взагалі.

Дослідження електромеханічних властивостей (залежність опору плівок від деформації) проводилось у інтервалах деформації $\Delta\epsilon_l = (0-1)$, $(0-2)$ та $(0-3)$ % та інтервали товщин $d = 5 \div 85$ нм методом резистометрії (вимірюванням залежності опору від деформації). Управління ходом експерименту проводилось за допомогою автоматизованої системи, описаної в роботі [1]. На основі отриманих залежностей розраховувалось значення коефіцієнта повздовжньої тензочутливості γ_l . Проведений аналіз залежності γ_l від d показав, що починаючи з товщини $d \cong 30$ нм значно підвищується коефіцієнт тензочутливості в інтервалах деформації $(0-2)$ та $(0-3)$ %. Аналогічний ефект описаний у роботі [2], для пермалою з $c_{Fe} \cong 50$ ат. %. Така особливість розмірної залежності γ_l нами пояснюється зменшенням модуля пружності сплаву при досліджуваній концентрації компонент, внаслідок чого зменшується значення деформації, при якій відбувається перехід від пружної до пластичної деформації.

Робота виконана в рамках держбюджетної теми № 0112U001381.

1. S.I. Protsenko, D.V. Velykodnyi, V.A. Keraj, M.S. Desai, C.J. Panchal, I.Yu. Protsenko, *J.Mater. Sci.* **44**, № 18, 4905 (2009).
2. К.В. Тищенко, І.Ю. Проценко, *Металлофиз. новейшие технол.* **34**, 907 (2012).

Магніторезистивні властивості гранульованих плівкових сплавів на основі Au та Co

Шабельник Т.М., студ.; Шабельник Ю.М., асп.;
Пазуха І.М., ст. викл.

Сумський державний університет, м. Суми

З розвитком новітніх технологій така нова галузь науки як сенсорика [1-2] набуває все більшого значення. Для покращення характеристик датчиків із тонкоплівковими чутливими елементами важливим залишається вивчення питання про взаємозв'язок між фізичними процесами та властивостями тонких плівок. Тому мета даної роботи полягає у вивченні фазоутворення та його впливу на магніторезистивні властивості плівкових гранульованих сплавів на основі Au та Co.

Результати електронографічних досліджень показали, що вже після термовідпалення до $T_g = 700$ К в системі відбувається утворення ГЦК т.р. (Au, Co) з виділенням гранул Co із ГЦК і ГЦП фазами. Наявність двофазного Co свідчить про те, що деякі гранули знаходяться у супермагнітному стані і не будуть спричиняти спін-залежне розсіювання електронів (СЗРЕ). Аналіз результатів досліджень магніторезистивних властивостей показав, що в залежності від концентрації атомів Co в зразках спостерігається МО різної величини (Co(20)/Au(7)/Co(19)/П – $MO = 0,2$ %, $c_{Co} = 88$ ат. % та в системі Co(6)/Au(5)/Co(7)/П – $MO = 0,5$ %, $c_{Co} = 90$ ат. %). Тобто, в системах на основі Au і Co діапазон загальної концентрації атомів $c_{Co} = 35-60$ ат. % оптимальний для реалізації СЗРЕ на антиферомагнітно упорядкованих магнітних моментах у шарах Co. Збільшення концентрації c_{Co} призводить до збільшення концентрації гранул Co, які знаходяться у супермагнітному стані і не спричиняють СЗРЕ, що призводить до зменшення величини МО.

Робота виконана в рамках бюджетної тематики № 0112U001381 Міністерства освіти і науки України під керівництвом проф. Проценка І.Ю.

1. Bakonyi, L. Peter, *Prog. Mater. Sci.* **55**, 107 (2010).
2. Mitra Djamal, Ramli, *Procedia Eng.* **32**, 60 (2012).
3. М.Г. Демиденко, С.І. Проценка, Д.М. Костюк, І.В. Чешко, *Ж. науко-електрон. фіз.* **3** №4, 106 (2011).

**Тензорезистивні властивості гранульованих плівкових сплавів
на основі Ag і Co**

Запорожченко А.В., студ.; Шабельник Ю.М., асп.;

Пазуха І.М., ст. викл.

Сумський державний університет, м. Суми

Структури на основі гранульованих плівкових сплавів знайшли широке використання як чутливі елементи датчиків деформації та магнітного поля [1]. Тому вивчення тензорезистивних властивостей даних плівок залишається актуальним питанням. Аналіз структурно-фазового стану гранульованих плівкових сплавів на основі Co та Ag показав, що утворення твердого розчину в даних системах відбувається при температурі вище 700 К. У цьому випадку підкладка повинна витримувати високі температури і не вступати у взаємодію з матеріалом плівкового зразка при нагріві. У роботі використовували спеціально підготовлену сталю підкладку розміром 7 см × 3 мм та товщиною до 2 мм, поверхня якої проходила попередню підготовку, яка полягала у шліфуванні, знежиренні та нанесенні шару полімеру «Поліілід». Після цього проводився процес імідізації полімеру – перехід від поліілідної плівки до твердого стану при кімнатній температурі протягом 24 год. з подальшим термовідпаленням до температури 400 К.

На підготовлену таким чином підкладку проводилося нанесення шарів Ag і Co. Деформація зразків до 0,5 % проводилася протягом 5 циклів «навантаження-зняття навантаження» у вакуумній камері установки ВУП-5М у ручному режимі за допомогою мікрогвинта.

Були досліджені гранульовані плівкові системи із загальною концентрацією $c_{Co} = 40-60$ ат. %. Аналіз експериментальних даних показав, що після термовідпалення до 800 К у порівнянні з невідпаленими зразками коефіцієнт тензочутливості (КТ) зменшується у 1,5-2 рази. А також із збільшенням циклів повторюваності середнє значення КТ дещо зменшувалися. Так, у системі з концентрацією магнітної компоненти Co на рівні 48 ат. % при першому деформаційному циклі $\gamma = 7,53$ у невідпаленому зразку та $\gamma = 4,71$ після термовідпалення до 800 К (на V-му циклі – $\gamma = 3,36$ та $\gamma = 2,59$, відповідно).

Робота виконана в рамках бюджетної тематики № 0112U001381 під керівництвом проф. Проценка І.Ю.

1. Bakonyi, L. Peter, *Prog. Mater. Sci.* **55**, 107 (2010).

Тензорезистивні властивості гранульованих плівкових сплавів

Єременко Ю.С., студ.; Шабельник Ю.М., асп.;
Шумакова Н.І., доц.
Сумський державний університет, м. Суми

У роботі [1] представлені результати дослідження терморезистивних властивостей плівкових матеріалів у вигляді багатошарових плівкових систем, в яких зберігається індивідуальність окремих шарів; утворюються тверді розчини (т.р.) біля інтерфейсів або по усьому об'єму зразка; на основі т.р. формується гранульований стан. У всіх цих чотирьох випадках спостерігається задовільна узгодженість експериментальних результатів і запропонованих в [1, 2] напівфеноменологічних моделей для термічного коефіцієнту опору. У роботі [2] також здійснена апробація напівфеноменологічних моделей для коефіцієнта тензочутливості для плівкових систем перших трьох типів. Поряд із цим на даний момент відсутня будь-яка теоретична модель тензочутливості для гранульованих т.р.

Мета роботи полягала у розробці вказаної напівфеноменологічної моделі для поздовжнього коефіцієнта тензочутливості (γ_l). Як і в роботі [1], плівковий гранульований т.р. моделюється як шарувата структура, в якій трубка струму моделюється як послідовне з'єднання наногранул (радіус r_0) і фрагментів т.р. (Δl). Після диференціювання співвідношення для питомого опору шаруватої системи (більш детально див. [3]) по деформації ε_l нами отримані співвідношення для коефіцієнта тензочутливості $\gamma_l = R^{-1} \cdot \partial R / \partial \varepsilon_l$ (R – опір зразка) для трьох граничних випадків: $\Delta l / r_0 \ll 1$; $\Delta l / r_0 = 1$ та $\Delta l / r_0 \gg 1$. У всіх випадках отримано, що $\gamma_l \cong \gamma_l^{P_{ss}} + 1 + \mu_f$.

Це говорить про те, що внесок гранул S_0 у загальну величину γ_l багато менший у порівнянні із внеском твердого розчину.

Керівник: Проценко І.Ю., проф.

1. Кондрахова Д.М., Шабельник Ю.М., Синашенко О.В., Проценко І.Ю., *Успехи физ. мет.* **13**, №3, 241 (2012).
2. Проценко С.І., Чешко І.В., Великодний Д.В. та ін., *Успехи физ. мет.* **8**, 247 (2007).

Вплив термообробки на магнітоопір тришарових плівкових систем на основі Co та Gd

Воробйов С.І., асп.; Шабельник Т.М., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

У даній роботі досліджено вплив температури відпалювання на магнітоопір тришарових плівок Co (10 нм) / Gd (x) / Co (10 нм) / П, де x – товщина прошарку Gd від 1 до 10 нм.

Тришарові плівки були отримані методом електронно-променевого осадження на підігріту ситалову підкладку до $T_n = 450$ К. Дослідження магнітоопору (МО) проводилося за 4-х точковою схемою вимірювання при 3-х геометріях орієнтації зразка відносно прикладеного зовнішнього магнітного поля. Термовідпалювання зразків проводилось до температури $T_e = 800$ К із подальшою витримкою при даній температурі протягом 20 хв. та охолодженням до кімнатної.

Проведені дослідження магніторезистивних властивостей тришарових плівок показали наявність анізотропії польових залежностей в площині зразка, а саме в перпендикулярній і поперечній геометріях вимірювання з ростом прикладеного зовнішнього магнітного поля опір падає, а в поздовжній геометрії – зростає.

Значення величини МО в даній системі не залежно від товщини прошарку Gd не перевищує 0,5 % у перпендикулярній геометрії, 0,25 % у поперечній та 0,2 % у поздовжній. Залежність величини МО від товщини прошарку Gd має осцилюючий характер.

Термообробка до температури $T_e = 800$ К в цих випадках не призводить до зміни характеру залежності МО від прикладеного зовнішнього магнітного поля, зберігається анізотропія польових залежностей. Величина магнітоопору, не залежно від геометрії вимірювання, в усіх досліджуваних зразках зменшується на 3 – 10 %. Таку зміну величини МО після термовідпалювання можна пояснити термостабілізаційними процесами (заліковування дефектів кристалічної структури, рекристалізація). Після відпалювання можливо, домени стають більш досконалими та змінюється шорсткість інтерфейсів.

Керівник: Черноус А.М., проф.

Анізотропний магнітоопір у плівковій системі на основі кобальту і хрому

Кондрахова Д.М., асп.

Сумський державний університет, м. Суми

Тонкоплівкові матеріали зі спін-залежним розсіюванням електронів широко застосовуються в сучасній електроніці та сенсорному приладобудуванні. На даний момент актуальним лишається вивчення структурного і фазового стану плівок із спін-залежним розсіюванням електронів, особливості дифузії та стабільність інтерфейсу між шарами або окремими фазами в них. Такими системами можуть бути плівки на основі Co і Cu (Cr). Зважаючи на все вище зазначене, мета роботи полягала у проведенні комплексних експериментальних досліджень з вивчення впливу термообробки, загальної концентрації магнітної компоненти та товщини немагнітного прошарку на магніторезистивні властивості плівкових систем із можливим спін-залежним розсіюванням електронів на основі Co і Cr.

Плівкові зразки були отримані електронно-променевим методом при пошаровій конденсації компонент у вакуумі при тиску залишкових газів $p \sim 10^{-4}$ Па. Як підкладки, щоб уникнути будь-якого зовнішнього впливу на структуру досліджуваних плівок, використовувалися пластини аморфного ситалу ($T_n \cong 450$ К). Термообробка зразків проводилася в широкому інтервалі температур (400-1000 К) у робочому об'ємі вакуумної установки з постійною швидкістю нагрівання-охолодження 2 К/хв та ізотермічним відпалюванням при заданій температурі протягом 20 хвилин.

Для плівкової системи Co/Cr/Co/Pi (Pi-підкладка) характерна анізотропія польових залежностей $R(B)$ як для свіжесконденсованих плівок, так і для термостабілізованих. Магнітоопір (МО) у поздовжній геометрії має від'ємне значення при всіх температурах відпалювання. Виняток становить плівкова система Co(5)/Cr(20)/Co(20)/Pi в якій при $T_e = 1000$ К зникає анізотропія. Термовідпалювання зразків до $T_e = 800$ К призводить до зростання значення МО в 2-3 рази, поступовому падінню при $T_e = 1000$ К у перпендикулярній і поздовжній геометріях та зростанню МО у всьому інтервалі температур у поперечній геометрії.

У плівковій системі $\text{Co}/\text{Cr}(x)/\text{Co}/\text{П}$, (де $x = 3, 5, \dots, 20$ – ефективна товщина нм) із загальною концентрацією атомів Co компоненти 60-66 ат. % спостерігається максимум МО у всіх трьох геометріях, та мінімум при 70-75 ат. %, відповідно. Виняток складає залежність МО від c_{Co} у поздовжній геометрії, у якій при $c_{\text{Co}} = 82$ ат. % з'являється також другий максимум.

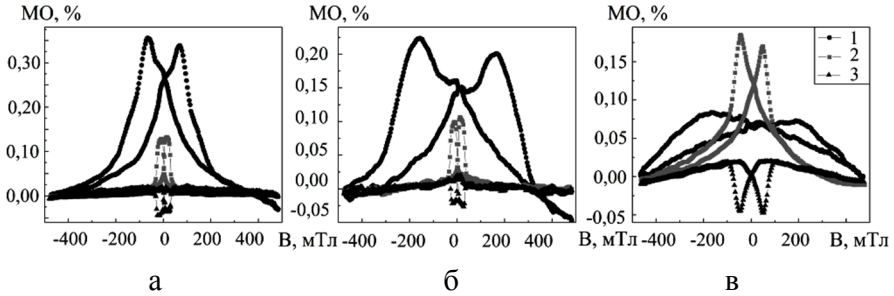


Рисунок 1 – Залежність величини МО плівкової системи $\text{Co}(5)/\text{Cr}(13)/\text{Co}(20)/\text{П}$ в невідпаленому (а) та відпаленому до 800 К (б) та 1000 К (в) станах в трьох геометріях вимірювання: 1- перпендикулярна; 2-поперечна; 3 - поздовжня

Анізотропний магніторезистивний ефект у плівковій системі $\text{Co}/\text{Cr}/\text{Co}/\text{П}$ характеризується невеликим значенням МО, середнє значення якого складає (0,1-0,3 %), і є найбільшим в перпендикулярній геометрії при $T_e = 800$ К. Найбільше значення МО проявляється в невідпаленій системі $\text{Co}(5)/\text{Cr}(x)/\text{Co}(20)/\text{П}$ при товщині прошарку $d_{\text{Cr}} = 13$ нм і складає 0,36 % у перпендикулярній геометрії.

Робота виконана в рамках держбюджетної теми: 0112U001381 під керівництвом Проценка І.Ю.

1. E. Hirota, H. Sakakima and K. Inomata, *Giant Magneto-Resistance Devices* (N.Y.: Springer, 2002).

Непружне тунелювання збуджених емісійних фотонів на наночастинках золота

¹ Непійко С., проф.; ¹ Шенхензе Г., проф.;

² Однорорець Л.В., доц.; ² Шумакова Н.І., доц.;

^{1,2} Ярмак А.В., магістр.; ^{1,2} Шапко Д.В., магістр.

¹ Інститут фізики Університету ім.Й.Гутенберга, Майнц, Німеччина

² Сумський державний університет, Суми, Україна

У роботі представлені результати проведених досліджень на прикладі двовимірного ансамблю тунельно-зв'язаних наночастинок Au, сформованого методом термічного випаровування у високому вакуумі (10^{-7} Па) на діелектричній підкладці із кварцового скла методом скануючої тунельної мікроскопії (СТМ).

За допомогою СТМ можуть бути реалізовані спектроскопічні вимірювання, які можуть одночасно з визначенням характеристик наночастинок дозволяють проводити дослідження щільності електронних станів на рівні Фермі. Ще одна можливість вивчення електронної структури, пов'язана із випромінюванням фотонів у результаті непружного тунелювання електронів між зондом і зразком, що спричиняє світлове випромінювання із спектром, структура якого обумовлена, в основному, міжзонними переходами і розпадом плазмонів. При цьому частота плазмонів визначається матеріалом, розміром, формою наночастинок і відстані між ними, а також діелектричної проникливістю середовища. Електронна структура залежить (деформується) від розміру частинок.

Таким чином, дослідження спектра випромінювання фотонів при дослідженні наночастинок (нанооб'єктів) у скануючому тунельному мікроскопі дає великий об'єм інформації.

Робота виконується в рамках Програми стажування студентів, аспірантів та науково-педагогічних працівників у провідних ВНЗ та наукових установах за кордоном на 2012-2013 роки.

Тензоефект у магнітооптичних властивостях плівкових систем Fe/Pt/Π та [Fe/Pt]₈/Π

Великодний Д.В., *ст. викл.*; Чешко І.В., *асист.*;
Макуха З.М., *асп.*; Шумакова М.О., *студ.*
Сумський державний університет, м. Суми

Представлені результати дослідження магнітооптичного ефекту Керра (МОКЕ) двошарової плівкової системи Fe(32 нм)/Pt(3 нм)/Π (Π – підкладка) та мультишару [Fe(3)/Pt(3)]₈/Π в умовах повздовжньої деформації $\varepsilon_l = 0-10\%$, що включає в себе пружну (до $\varepsilon_l \approx 0,4\%$) і пластичну деформацію. Зовнішнє магнітне поле (до 50 мТ) мало дві орієнтації – вздовж і перпендикулярно напрямку деформації. Постановка експерименту в такому варіанті є повний аналог тензоефекту, який характеризується коефіцієнтом повздовжньої тензочутливості $\gamma_l = (\Delta R)/(R\Delta\varepsilon_l)$ — (R і ΔR – початковий опір і його зміна при деформації). У випадку МОКЕ деформаційна залежність може бути охарактеризована деформаційним коефіцієнтом МОКЕ $\gamma_l^{KE} = (\Delta\varphi)/(\varphi\Delta\varepsilon_l)$ —. На рис. 1 представлені експериментальна залежність зміни кута повороту площини поляризації (φ_{ε_l}) у процесі деформації.

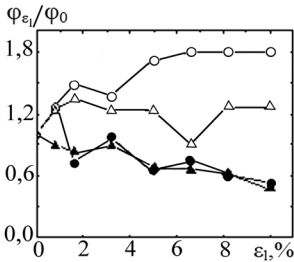


Рисунок 1 – Залежність відношення кута повороту площини поляризації φ_{ε_l} від повздовжньої деформації до кута повороту φ_0 при $\varepsilon_l = 0\%$ для плівкових зразків Fe(32)/Pt(3)/Π (●, ○) та [Fe(3)/Pt(3)]₈/Π (▲, Δ). Орієнтація магнітного поля: повздовжня (●, ▲) і перпендикулярна (○, Δ)

Збільшення величини φ_{ε_l} у порівнянні із φ_0 можна пояснити, виходячи із відомого [1] співвідношення для ефекту Фарадея. Оскільки відносна зміна пройденого шляху електромагнітною хвилею в області дії магнітного поля змінюється у межах 1-0,9, то залежність φ_{ε_l} від ε_l можна пояснити підсиленням дисперсійної залежності $n(\omega)$ при видовженні магнітних доменів.

Керівник: Проценко І.Ю., *проф.*

1. Белюстин С.В., *Классическая электронная теория* (М.: Высшая школа, 1971).

Процеси фазоутворення в надрешітці Pd/Fe та їх вплив на електрофізичні властивості

Ткач О.П., асист.

Сумський державний університет, м. Суми

Одним із підґрунтям розвитку магнітоелектроніки, спінтроніки, інтегральної оптики та інформаційних технологій є створення нових функціональних магнітних матеріалів з покращеними магнітними, електрофізичними та високостабільними фізичними характеристиками. Такі матеріали використовуються для підвищення густини запису інформації, для створення чутливих елементів багатфункціональних сенсорів (температури, магнітного поля, тиску тощо) та ін.

Велика увага дослідників приділяється упорядкованій фазі $L1_0$ (це надрешітка типу AuCu), в якій пошарово чергуються феромагнітні перехідні $3d$ (Fe, Co, Ni) і немагнітні $4d/5d$ (Pd, Pt) атоми [1].

При дослідженні фазових перетворень у двокомпонентній плівкової системі Pd/Fe (мультишари та тонкоплівкові сплави), було виявлено, що в ній також формується упорядкована структура $L1_0$ з ГЦТ решіткою. Аналогічні явища спостерігаються в магнітоупорядкованих системах Co/Pd, Fe/Pt, Co/Pt [2, 3], які характеризуються високою магнітокристалічною анізотропією та стійкістю до окиснення, на відміну від матеріалів на основі рідкоземельних металів.

Формування упорядкованої структури відбувається при певній концентрації окремих компонент системи: фаза $L1_0$ - при концентрації паладію $c_{Pd} = 48-60$ ат.%; фаза $L1_2$ – при $c_{Pd} = 67-86$ ат.% [4]; у вузькому діапазоні концентрацій від 60 до 62 ат.% одночасно співіснують обидві фази $L1_0$ і $L1_2$. До основних переваг системи FePd можна віднести невисоку температуру упорядкування ($T_{yn} \cong 723$ K).

На формування надрешітки $L1_0$ впливає ряд факторів: концентрація окремих компонент, метод формування (осадження) структури, режим термовідпалювання (повільне або швидке) та час витримки, температура і тип підкладки (орієнтована, аморфна), наявність інертних газів, домішок та ін.

В результаті проведених досліджень фазового складу плівкової системи на основі Pd/Fe було встановлено, що в дво- і багатошарових плівках при осадженні, внаслідок конденсаційно-стимульованої дифузії, формується неупорядкована структура з ГЦК-PdFe фазою.

Упорядкування двошарових зразків (із загальною товщиною 10-80 нм), при збереженні стехіометричного складу, відбувається при $T_{yn} \cong 850$ К, а мультишарів (із загальною товщиною 10-50 нм) – при $T_{yn} \cong 780$ К. Відпалювання багатшарової плівкової системи із тонкими шарами (0,4-1,1 нм) при $T \geq 850$ К приводить до руйнування структурної суцільності плівки і вона стає острівцеподібною.

У плівкових зразках Pd/Fe чутливість опору до температури приблизно однакова, а відміна у величині термічного коефіцієнту опору (ТКО) пов'язана із процесами упорядкування фази ГЦК-PdFe. У двошарових зразків ($d = 5-80$ нм, в яких $d_{Fe} = 5-40$ нм) в інтервалі температур 300-850 К величина ТКО становить $(3,8-7,5) \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, у випадку мультишарів ($d = 10-50$ нм, де $d_{Fe} = 0,6-5$ нм) – $(1,8-3,0) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Відміна у величині ТКО пояснюється формуванням неупорядкованої ГЦК-PdFe фази на основі т. р. під час осадження плівок внаслідок конденсаційно-стимульованої дифузії.

У двошарових зразках на основі Pd і Fe при $c_{Fe} > 55 - 80$ ат.% та $d_{Fe} > d_{Pd}$ проявляється анізотропний магнітоопір, який обумовлений впливом феромагнітної складової зразка, при цьому збільшення загальної товщини плівки приводить до зменшення величини МО. Внаслідок процесів упорядкування в мультишарах PdFe (з кількістю фрагментів від 3 до 10), тобто формування надрешітки, і в деякій мірі, рекристалізації, величина МО в упорядкованій структурі $L1_0$ має більші значення ніж в неупорядкованій ГЦК-PdFe фазі на 0,02-0,16 %.

Отримані результати свідчать про можливість використання плівкової системи на основі Pd і Fe як чутливих елементів в багатфункціональних сенсорів магнітного поля в умовах високих (300-850 К) температур та деформаціях до 1 %.

1. R. Skomski, A. Kashyap et. al, *Scripta Mater.* **53**, 389 (2005).
2. T.L. Cheng, Y.Y. Huang et al, *J. Appl. Phys.* **107**, 113920 (2010).
3. J. Lyubina, O. Gutfleisch et al, *J. Appl. Phys.* **105**, 07A717 (2009).
4. Е.М. Артем'єв, Л.В. Живаєва et al, *Bull. Russ. Acad. Sci. Phys.* **74**, 1135 (2010).

Дослідження структурно-фазового стану і магніторезистивних властивостей плівкових систем на основі Со та Ві

Костян І.М., студ.; Шутілева О.В., асп.;
Шпетний І.О., доц.
Сумський державний університет, м. Суми

Робота присвячена дослідженню структурно-фазового стану і магніторезистивних властивостей тришарових плівкових систем Со / Ві(*d*) / Со / П (*d* – ефективна товщина прошарку від 1 до 20 нм, П – підкладка). Плівкові зразки було отримано електронно-променевим методом шляхом пошарової конденсації Со і Ві у вакуумній камері. Як підкладки для дослідження магніторезистивних властивостей було використано ситал ($T_n \cong 450$ К). Вимірювання магнітоопору (МО) здійснювалось за 4-х точковою схемою при 3-х геометріях орієнтації зразка у зовнішньому магнітному полі до $B = \pm 450$ мТл. Як підкладки для вивчення фазового складу і кристалічної структури використовувалися аморфні плівки вуглецю.

Дослідження фазового стану методом просвічуючої електронної мікроскопії показали, що свіжосконденсовані плівки мають фазовий склад ГЦП-Со + ГЦК-Со + ромбодричний Ві. Після термообробки до $T_{відп.} = 680$ К фазовий стан не змінюється, а лише відбувається збільшення кристалітів у шарах Со і Ві.

Дослідження магніторезистивних властивостей показали, що для свіжосконденсованих зразків з різною товщиною прошарку Ві проявляється анізотропний характер МО, за виключенням зразка Со(5) / Ві(15) / Со(10) / П, для якого проявляється ізотропний характер. Найбільше значення величини магнітоопору спостерігається у перпендикулярній геометрії вимірювання. Залежність величини МО від товщини прошарку Ві має осцилюючий характер. Мінімальне значення 0,032 % (для зразка Со(5) / Ві(15) / Со(10) / П), а максимальне – 0,22 % (для зразка Со(5) / Ві(20) / Со(10) / П). Термовідпалювання призводить до зменшення величини МО у середньому до 40 %.

Керівник: Чорноус А.М., проф.

**Дослідження магнітних властивостей плівкових систем на основі
Co та Gd**

Воробйов С.І., асп.; Шутилева О.В., асп.
Сумський державний університет, м. Суми

Робота присвячена вивченню впливу температури відпалювання та кута орієнтації зразка відносно прикладеного зовнішнього магнітного поля на величину коерцитивної сили (H_c) в тришаровій плівковій системі Co/Gd/Co.

Така система характеризується відносно малим значенням магнітоопору і її недоцільно використовувати як самостійний магніторезистивний матеріал. Але в той же час вона має велике значенням коерцитивної сили у порівнянні з одношаровою плівкою Co та може виступати конструктивним елементом спін-клапанної структури в ролі закріплюючого шару.

Проведені дослідження залежності величини коерцитивної сили від кута орієнтації зразка в зовнішньому магнітному полі показали, що при переході від перпендикулярної до поперечної геометрії вимірювання величина H_c зменшується до 13 разів. Наприклад, для системи Co (10 нм) / Gd (1 нм) / Co (10 нм) / П величина $H_c = 208,8$ мТл у перпендикулярній геометрії вимірювання та у поперечній $H_c = 15,5$ мТл. Таку значну зміну коерцитивної сили у даній системі можна пояснити співпаданням важкої осі намагнічування з перпендикулярною геометрією та легкої осі з поперечною геометрією.

Після термообробки до температури 780 К незалежно від кута орієнтації зразка відносно прикладеного зовнішнього магнітного поля відбувається збільшення H_c . Причому, у порівнянні з свіжосконденсованою плівкою при переході від перпендикулярної до поперечної геометрії вимірювання величина H_c зменшується до 10 разів. Наприклад, для системи Co(10) / Gd(1) / Co(10) / П величина $H_c = 275,9$ мТл у перпендикулярній геометрії вимірювання, а у поперечній $H_c = 28,1$ мТл. Зростання H_c може бути пов'язане із рекристалізаційними процесами, які впливають на товщину доменних стінок. Подальша термообробка зразків до температури 1080 К не призводить до суттєвих змін величини H_c .

Керівник: Черноус А.М., проф.

Формування функціональних елементів датчиків магнітного поля у вигляді спін-клапанних структур на основі Co, Au і Cu

Циганок О.С., студ.; Гребинаха В.І., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Запропонована схема формування функціонального елемента датчика магнітного поля на основі плівкового матеріалу зі спін-залежним розсіюванням електронів, реалізованих у вигляді спін-клапанних структур. Спін-клапан складається з почергових феромагнітних і немагнітних шарів, причому в одному із феромагнітних шарів реалізується однонаправлена анізотропія. Вихідний сигнал сенсора залежить від напрямку спінів електронів у магнітних шарах та відповідних до цих умов процесів спін-залежного розсіювання на інтерфейсах спін-клапанної системи. Плівкові системи на основі Cu і Co та Au і Co розглядаються як найперспективніші, оскільки в них спостерігаються найвищі значення величини магнітоопору. За результатами досліджень дво- та багатошарових плівкових систем на основі Co та Cu можна стверджувати, що вже під час конденсації утворюється метастабільний твердий розчин (т. р.) (Co, Cu), який при $T_c \cong 700$ К починає частково розпадатися із виділенням наночасток Co, що необхідно враховувати при створенні чутливих елементів сенсорів. Встановлено, що можливе аналогічне утворення т. р. в системах на основі Au і Co і воно починається при $T_c \cong 700$ К, поряд з утворенням т. р. спостерігається виділення наногранул Co, хоча після конденсації в них зберігається індивідуальність шарів. Враховуючи особливості фазоутворення у плівкових системах на основі Co і Au або Co і Cu, запропонована методика формування термостабільного функціонального елемента датчика магнітного поля у вигляді спін-клапанної структури Au(3)/Co(3)/Cu(6)/Co(20)/Au(40)/Cr(3)/П (П – підкладка), використовуючи різну температуру підкладки при конденсації нижнього (950 К) і верхнього (300 К) магнітних шарів [1]. Відносна зміна магнітоопору отриманих структур при кімнатній температурі складає порядку 1,0-1,2 %, яка зменшується при процесі відпалювання.

Керівник: Чешко І.В., асист.

1. І.В. Чешко, С.І. Проценко, П. Шифалович, *Вісник СумДУ. Серія: Фізика, математика, механіка* 2, 103, (2008).

Дослідження плівок CZTSe методом μ -PIXEКоваль П.В., *асп.*; Пономарьов О.Г., *доц.*;Нагорний С.С., *студ.*

Сумський державний університет, м. Суми

Плівки $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe) привертають увагу дослідників як перспективний матеріал дешевих поглинаючих шарів сонячних елементів, оскільки мають оптимальну для перетворення сонячної енергії ширину забороненої зони, високий коефіцієнт поглинання світла, а складові сполуки широко розповсюджені в земній корі та мають низьку ціну видобутку.

Дослідження плівок CZTSe, отриманих співвипаровуванням складових елементів, проводилося на мікроаналітичному прискорювальному комплексі на основі компактного електростагічного прискорювача «Сокіл» (ІФ, Суми, Україна) з енергією пучка протонів 1,5 МеВ. Для визначення елементного складу плівок CZTSe використовувалося рентгенівське характеристичне випромінювання індуковане протонним пучком (PIXE). Пучок протонів в каналі мікрозонда фокусувався до розміру 9×6 мкм² (μ -PIXE), після чого проводилося сканування області поверхні зразка розмірами 200×200 мкм² (крок сканування – 4 мкм; растр – 50 точок, заряд в кожній точці – 0,5 нКл). Дослідження проводилися в двох довільних точках зразка. В результаті для цих областей були побудовані карти розподілу елементів, що входять до складу плівок, по площі. Після цього від дослідженої області зразка отримували загальні спектри виходу характеристичного рентгенівського випромінювання. Подальший аналіз спектрів PIXE проводився з використанням програми GUPIXWIN.

У результаті досліджень визначено елементний склад плівок в залежності від їх режимів нанесення. Ці результати порівнювалися з даними отриманими методом SIMS. Показано, що результати одержані різними методами, добре корелюють між собою, це свідчить про їх достовірність. Аналіз карти розподілу підтверджує рівномірний розподіл елементів по площині плівки та їх високу якість.

Керівник: Опанасюк А.С., *доц.*

Моделювання RBS-спектрів сполуки $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$

Коваль П.В., *асп.*; Курбатов Д.І., *наук. співроб.*;

Мальченков С.М., *студ.*

Сумський державний університет, м. Суми

Плівки $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ (CZTSe) розглядаються як альтернатива поглинаючим шарам CIS, CIGS і CdTe при виготовленні екологічно безпечних і дешевих тонкоплівкових сонячних елементів. Цей матеріал має близьку до оптимальної для перетворення сонячної енергії ширину забороненої зони (ЗЗ) ($E_g = 1,0-1,5$ eV), *p*-тип провідності та великий коефіцієнт поглинання випромінювання ($\alpha > 10^4-10^5$ см⁻¹), оскільки є прямозонним, складові сполуки широко розповсюджені в земній корі та мають низьку ціну видобутку.

Нажаль сполука має вузьку область гомогенності і при синтезі може виникати велика кількість інших сполук як двох, так і трикомпонентних з різною шириною ЗЗ. У зв'язку, з цим виникає задача визначення складу матеріалу в залежності від фізико-технологічних умов нанесення плівок.

Дослідження елементного складу плівок CZTSe, отриманих співвипаровуванням Cu, Zn, Sn, і Se на скляні підкладки з підшаром Mo, проводилося з використанням методів PIXE та RBS на мікроаналітичному прискорювальному комплексі «Сокіл» (ІФ, Суми, Україна) з енергією пучка протонів 1,5 MeV. Аналіз результатів показав, що дані отримані двома методами дещо відрізняються. Це і обумовило мету дослідження, яка полягала у моделюванні спектрів RBS від плівок CZTSe з різними складом та їх співставлення з реальними експериментальними результатами.

Моделювання спектрів RBS проводилося з використанням програми SIMNRA версії 6.0. У результаті отримані дані стосовно відбиття протонів від плівок різної товщини та складу. Ці спектри порівнювалися з результатами отриманими експериментально. Процедура порівняння ускладнювалася багатокомпонентністю плівок та близькістю атомних мас елементів, що входять до її складу. Проведені дослідження дозволили зробити висновки відносно реального складу досліджених плівок.

Керівник: Опанасюк А. С., *доц.*

Отримання плівок SnO₂ хімічним методом

Мешков А.М., студ.; Бересток Т.О., асп.;
Суходуб Л.Ф. чл.-кор. НАН України,
Сумський державний університет, м. Суми

Напівпровідникові структури на основі оксидів металів привертають значну увагу дослідників завдяки їх унікальним властивостям та можливості реалізації на їх базі практичних задач, зокрема, в сфері наномедицини (вплив на імунітет, стимуляція обмінних процесів, своєчасність статевого розвитку, тощо). Одним з найбільш перспективних матеріалів цієї групи є оксид олова – напівпровідниковий матеріал *n*-типу провідності, що має високу оптичну прозорість у видимій області спектру, та високу чутливість до газів, що робить його незамінним для створення газових сенсорів. Крім того, плівки SnO₂ покриті шаром ZnO в перспективі можуть використовуватися як струмопровідні та віконні шари для виготовлення дешевих сонячних елементів великої площі.

Серед великої кількості методів нанесення плівок SnO₂ найбільш простим і економічно вигідним в порівнянні з іншими є хімічне осадження з водного розчину, завдяки можливості отримання плівок та наноструктур при кімнатній температурі та нормальному тиску.

Метою дослідження був аналіз відомих методів хімічного осадження плівок SnO₂, вибір найбільш оптимального з них та отримання шарів сполуки цим методом.

Плівки SnO₂ були отримані шляхом хімічної реакції між водними розчинами хлориду олова (SnCl₄) та соляної кислоти (HCl) з різними концентраціями речовин. Утворена суміш нагрівалася до $T = 348$ К. Осадження проводилося на покрівне скло, яке вносилося в розчин.

Структурні дослідження отриманих плівок були виконані на автоматизованому рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07 у Ni-фільтрованому K_{α} випромінюванні мідного анода. Фазовий аналіз проводився шляхом співставлення міжплощинних відстаней і відносної інтенсивності від досліджених зразків та еталона за даними JCPDS.

Як показали рентгендифрактометричні дослідження, отримані конденсати відповідали сполуці оксиду олова. Визначені оптимальні умови нанесення шарів SnO₂ з контрольованими властивостями.

Плівки SnS, отримані методом спреї-піролізу

Саган О.Ю., студ.; Доброжан О.А., асп.;
Опанасюк А.С., доц.

Сумський державний університет, м. Суми

Завдяки своїм унікальним фізичним та оптичним властивостям сполука SnS є перспективним матеріалом для застосування як поглинаючий шар тонкоплівкових сонячних елементів. Ширина забороненої зони SnS складає 1,3 eV та є близькою до оптимальної для отримання максимального ККД перетворення сонячної енергії, сполука не містить рідкісних та екологічно небезпечних елементів, разом з тим вона має великий коефіцієнт поглинання світла.

У порівнянні з іншими методами отримання плівок SnS спреї-піроліз є більш простим, економічним та зручним методом нанесення тонких шарів матеріалу на великі площі при низьких температурах, який не потребує особливих технологічних умов (високого тиску, вакуумних умов тощо).

Для одержання плівок SnS був використаний розчин хлориду олова (SnCl_2) та тіомочевини $(\text{NH}_2)_2\text{SC}$ у дистильованій воді з концентрацією 0,05 M при швидкості розпилення – 7 мл/хв. Схема установки для розпилення розчину наведена на рисунку. Температура підкладки встановлювалась в діапазоні від 473 K до 623 K. Відстань від отвору розпилення до підкладки встановлювалась експериментально і складала 5 см.

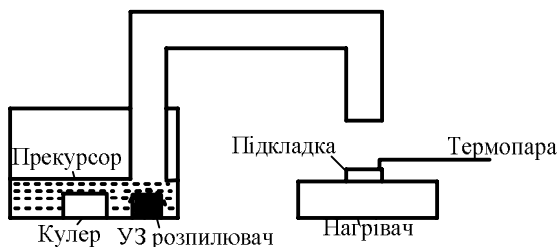


Рисунок 1 – Схематичне зображення лабораторної установки синтезу плівок SnS методом спреї-піролізу.

Проведені рентгендифрактометричні дослідження підтвердили, що синтезовані плівки дійсно складаються з SnS.

Структурні властивості тонких плівок ZnO, отриманих методом спреї-піролізу

Доброжан О.А., асп.; Авраменко О.С., студ.;
Опанасюк Н.М., доц.
Сумський державний університет, м. Суми

Оксид цинку (ZnO) є прямозонним напівпровідником групи A_2B_6 , який має n -тип провідності та високий коефіцієнт пропускання у видимій області спектру. Завдяки унікальним фізичним, оптичним та електричним властивостям, нетоксичності (Cd-free), дешевизні матеріалу, тонкі плівки ZnO широко застосовуються в сонячних елементах (в якості антивідбиваючих та буферних шарів), газових сенсорах, рідкокристалічних дисплеях та ін.

Тонкі плівки оксиду цинку в наш час отримують такими методами як магнетронне розпилення, хімічне осадження з газової пари, зольгель технологія, спреї-піроліз та ін. Завдяки використанню нескладного технічного обладнання, простоті керування процесом осадження, можливості нанесення плівок великої площі на довільні підкладки найбільш перспективним серед них є метод спреї-піролізу.

Мета роботи полягала в виборі вихідних хімічних компонентів для осадження плівок ZnO методом спреї-піролізу, дослідженні структурних властивостей нанесених шарів.

Тонкі плівки ZnO були отримані розпиленням водного розчину $ZnCl_2$ з концентрацією 0,2 М. Як підкладка використовувалось очищене покривне скло. Нанесення розчину проводилось зі швидкістю 10 мл/хв на підкладки, які мали температури $T_s = 523$ К, 573 К, 623 К, 653 К. Оптимальна відстань від сопла до підкладки була визначена експериментально і склала 5 см.

Структурні дослідження плівок були виконані на автоматизованому рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07 у Ni-фільтрованому K_α випромінюванні мідного анода.

Рентгенодифрактометричні дослідження показали, що плівки нанесені при $T_s = 653$ К мають полікристалічну структуру з гексагональною ґраткою типу вюрциту (WZ). Для шарів є характерною текстура росту [002]. Сталі ґратки матеріалу склали: $a = 0,3294$ нм, $c = 0,5157$ нм та були дещо нижчими від довідникових.

Визначені оптимальні умови нанесення однофазних плівок ZnO.

Субструктурні особливості плівок $Zn_{1-x}Mn_xS$

Лободюк М.Є., студ.; Климов О.В., асп.;

Курбатов Д.І., наук. співроб.

Сумський державний університет, м. Суми

Останнім часом значно зріс інтерес фахівців у галузі матеріалознавства до отримання та дослідження нових плівкових матеріалів для мікро- та оптоелектроніки, геліоенергетики і спінтроніки. До таких матеріалів можна віднести і плівки $Zn_xMn_{1-x}S$, які мають оптимальні властивості для створення віконних шарів сонячних елементів.

Плівки твердих розчинів $Zn_xMn_{1-x}S$ були отримані на неорієнтованих підкладках зі скла методом квазізамкненого об'єму у вакуумній установці ВУП-5М. Температура випарника становила $T_e = 1273$ К, температура підкладки варіювалась в інтервалі $T_s = (373-723)$ К. Здійснювалося випарування шихти напівпровідникової чистоти з вмістом марганцю близько 7%. Досліджувався вплив температури підкладки на субструктурні особливості плівок.

У результаті досліджень було встановлено, що при збільшенні T_s розмір L областей когерентного розсіювання (ОКР) у напрямі, перпендикулярному площинам (111) в плівках, спочатку зростає від $L \cong 53$ нм до $L \cong 209$ нм, а потім зменшується до $L \cong 72$ нм.

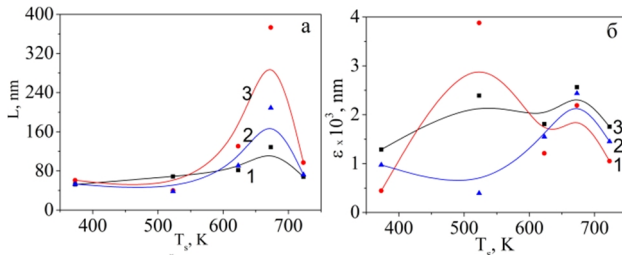


Рисунок 1 – Вплив T_s на L (а) та ϵ (б) плівок $Zn_{1-x}Mn_xS$. Апроксимація рентгенівських ліній функціями Коші (1), Гауса (2) та методом потрійної згортки (3).

Існує оптимальний температурний інтервал $T_s = (600-650)$ К, в якому цей розмір є максимальним. Рівень мікродеформацій (ϵ) в плівках спочатку зростає при збільшенні T_s від $\epsilon \cong 0,97 \cdot 10^{-3}$ до $\epsilon \cong 2,44 \cdot 10^{-3}$, після чого знову падає до $\epsilon \cong 1,45 \cdot 10^{-3}$.

Магніторезистивні властивості структур на основі Fe і V

Гричановська Т.М., ст. викл.; Шешеня Л.А., асп.

Сумський державний університет, м. Суми

З відкриттям гігантського магніторезистивного ефекту значно зріс науковий інтерес до багатошарових плівкових систем на основі феромагнітних і немагнітних металів.

У роботі, були досліджені магніторезистивні властивості тришарових плівкових системах Fe(40 нм)/V(10-12 нм)/Fe(10 нм), отриманих шляхом пошарової конденсації. Електронно-мікроскопічні та електронографічні дослідження показали, що у невідпаленому стані плівкові системи мають склад ОЦК-Fe + ОЦК-V з параметрами решіток $a_V = 0,304$ нм та $a_{Fe} = 0,288$ нм і середнім розміром кристалітів (\bar{L}) менше 5 нм. У відпалених при температурі 720 К зразках електронографічно фіксується одна розмита лінія Fe₃O₄ і фазовий склад відповідає ОЦК-Fe + ОЦК-V + Fe₃O₄ із $\bar{L} = 5-10$ нм.

Магніторезистивні характеристики Fe/V/Fe визначалися при кімнатній температурі у змінному зовнішньому магнітному полі індукцією від 0 до 600 мТл (рис. 1). У роботі було встановлено, що магніторезистивні властивості плівкових систем Fe/V/Fe залежать від температури відпалювання та товщини немагнітного прошарку.

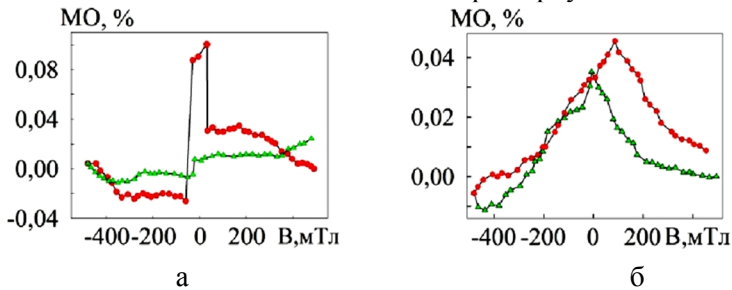


Рисунок 1 – Залежність МО від індукції магнітного поля для плівкової системи Fe(40 нм)/V(10 нм)/Fe(10 нм)/П відпаленої до $T_g = 720$ К. Геометрії вимірювання: повздовжня (а), поперечна (б).

Особливістю зразків Fe(40 нм)/V(10 нм)/Fe(10 нм) стало те, що найбільші значення магнітоопору відповідають поперечній і перпендикулярній геометріям вимірювання, тоді як для поздовжньої геометрії магніторезистивне відношення становило 0,03-0,06 % або взагалі не виявляється.

Свічення плівок срібла при їх бомбардуванні повільними електронами

Маркович Л.М., *наук. співроб.*; Лінтур М.І., *наук. співроб.*;
Подгорецька Г.Ю., *наук. співроб.*; Поп С.С., *проф.*
Ужгородський національний університет, м. Ужгород

Нанорозмірні плівки, в тому числі й срібла, є функціональними об'єктами сучасної оптики для запису інформації. Це пов'язано з можливістю збудження поверхневого плазмового резонансу, який впливає на процес запису інформації. Тому дослідження поверхневих плазмонів срібла при їх збудженні електронами окрім фундаментального має й прикладний характер.

Дослідження взаємодії електронів з поверхнею плівок срібла проводилось в області довжин хвиль 200-800 нм. Плівки срібла конденсували в камері взаємодії на скляну підкладку. Були одержані плівки з товщинами шару срібла 5, 10, 100 нм, які опромінювалися електронами з енергією $E_n = 500$ еВ. Кінцевий тиск атмосферних газів у робочій камері становив $p \sim 10^{-7}$ Па.

У досліджених спектрах плівок виявлено неперервне випромінювання. В спектрі ЕФЕ плівки товщиною 5 нм добре виражений характерний для Ag ультрафіолетовий максимум інтенсивності випромінювання. Плівка при товщині 10 нм має дві системи острівців і відповідно їм в спектрі ЕФЕ проявляється два максимуми інтенсивності. Положення головного максимуму і ширина спектру залежать від товщини та розмірів острівців. Саме в цій досліджуваній області спектра Ag спостерігається характерний максимум інтенсивності пов'язаний з випромінювальною релаксацією плазмонів. Дане випромінювання визначається дипольною модою коливань, характерна енергія якої $\hbar\omega = 3,5$ еВ, що відповідає випромінюванню на довжині хвилі $\lambda = 350$ нм. При переході до пористої плівки Ag (100 нм) помітний внесок починає давати випромінювання, частота якого близька до частоти об'ємного плазмону ω_0 , слабо поляризоване і, можливо, також є випромінюванням поверхневих плазмонів поверхні срібла, недостатньо очищеної від кисню. Встановлено, що поляризація випромінювання для всіх зразків при спостереженні вздовж нормалі до поверхні відсутня і зростає по мірі збільшення кута спостереження.

**Емісія фотонів при взаємодії електронів з поверхнею плівки
Bi/As₂S₃**

Лінтур М.І., *наук. співроб.*; Маркович Л.М., *наук. співроб.*;

Приходько М.В., *наук. співроб.*; Поп С.С., *проф.*

Ужгородський національний університет, м. Ужгород

У роботі представлені результати дослідження емісії фотонів із наногетероструктури Bi/As₂S₃, методом електрон-фотонної спектроскопії (ЕФС). Вибір цього зразка зумовлений тим, що на відміну від оптичних методів дослідження [1], взаємодія електронів з поверхнею халькогенідних склоподібних напівпровідників (ХСН) майже не вивчалась.

Плівки виготовлялись на установках ВУП-4 та УВН-71ПЗ термічним випаровуванням скла з танталового випаровувача. Швидкість конденсації складала в середньому 0,8-1,7 нм/с при вакуумі $6 \cdot 10^{-3}$ Па. Як підкладки використовувалося спеціальне скло (типу К-8) і кремній високої чистоти. Визначення загальної товщини здійснювалося інтерференційним методом світлом з видимого діапазону спектру. Товщина складала 1-2 мкм. Гетероструктура мала 100 шарів.

Дослідження взаємодії електронів з поверхнею плівки Bi/As₂S₃ проходило у діапазоні довжин хвиль 200-800 нм [2], де зразок опромінювався електронами з енергією $E_n = 450$ еВ, під кутом $\alpha = 15^\circ$ відносно нормалі до поверхні. Кінцевий тиск залишкових газів в робочій камері становив $p \sim 10^{-7}$ Па, а електронний струм на мішені $I_{el.} = 1,85-2$ мкА.

У спектрі спостерігаємо неперервне випромінювання в широкому діапазоні довжин хвиль з максимумами близько $\lambda_1 \sim 300$ нм і $\lambda_2 \sim 750$ нм. Максимумом при $\lambda_1 \sim 300$ нм ми пов'язуємо з електронними міжзонними переходами в плівках As₂S₃. Спектральна особливість при довжині хвилі $\lambda_1 \sim 750$ нм, скоріше за все, викликає свічення дефектів на інтерфейсі Bi / As₂S₃, через їх перемішування під дією пучка електронів [3].

1. H. Gleiter, *Nanostruct. Mater.* **6**, 3 (1995).
2. М.І. Лінтур, Л.М.Маркович, М.В.Приходько та ін., *Вісник УжНУ, сер.фіз.*, **10**, 191 (2001).
3. K. Adarsh, K. Sangunni, S. Kokenyesi, I. Ivan, M. Shipljak, *J. Appl. Phys.* **314** (2005).

Магнітоопір надтонких плівок сплаву CoNi

Лобода В.Б., проф.; Шкурдода Ю.О., доц.; Коломієць В.М.,
асп.; Кравченко В.О., ст. викл.; Кулик С.Г., асп.
Сумський державний педагогічний університет
ім. А.С.Макаренка, м. Суми

На сьогоднішній день встановлено, що в композиційних матеріалах, які складаються з наногранульованого феромагнітного металу в діелектричній матриці реалізується тунельна спін-залежна провідність, яка призводить до появи негативного гігантського магнітоопору (ГМО). Виходячи з цього метою даної роботи є дослідження магніторезистивних властивостей острівцевих плівок сплаву CoNi.

На рис. 1, як ілюстрація, представлені польові залежності магнітоопору (МО) надтонкої острівцевої плівки сплаву $\text{Co}_{10}\text{Ni}_{90}$ із ефективною товщиною 9 нм. На польових залежностях відсутній гістерезис і максимальне значення МО не перевищує 0,1 %. Слід також відмітити, що для зразків з ефективною товщиною 5-10 нм повздовжній МО практично не спостерігається. Як відомо, для структурно суцільних плівок однорідних феромагнітних металів та сплавів реалізується ефект анізотропного магнітоопору (АМО), який має позитивний знак при повздовжній геометрії струму і зовнішнього магнітного поля. У випадку спін-залежного розсіювання електронів між феромагнітними гранулами знак ефекту, як правило негативний, а форма магніторезистивних кривих не змінюється при зміні напрямку магнітного поля.

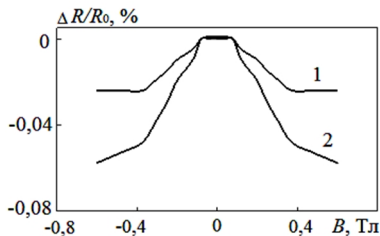


Рисунок 1 – Польові залежності поперечного (1) та перпендикулярного (2) МО для надтонких плівок сплаву $\text{Co}_{10}\text{Ni}_{90}$ з ефективною товщиною 9 нм.

Можливо в досліджуваних зразках одночасно реалізуються механізми спін-залежного тунелювання електронів та спін-орбітальної взаємодії, що й призводить до відсутності поздовжнього МО.

Вплив температури підкладки та подальшого відпалювання на ГМО тришарових плівок Co/Cu/Fe/Π

Лобода В.Б., проф.; Шкурдода Ю.О., доц.;
 Коломієць В.М., асп.; Хурсенко С.М., доц.
 Сумський державний педагогічний університет
 ім. А.С.Макаренка, м. Суми

Відомо, що одним із важливих факторів впливу на якість кристалічної структури, фазовий стан, кількість дефектів, макронапруження тощо є температура підкладки (T_n) під час конденсації.

Для всіх свіжосконденсованих зразків Co/Cu/Fe/Π з товщиною шарів $d_{\text{Fe,Co}} = 40$ нм, $d_{\text{Cu}} = 3-15$ нм отриманих при $T_n = 400$ К, 550 К та 700 К (рис. 1а) спостерігається анізотропний магнітоопір (АМО) величиною 0,02-0,1%. Для таких же зразків, але отриманих при $T_n = 300$ К спостерігається ефект гігантського магнітоопору (ГМО) з амплітудою 0,1-1,2 % (рис. 1 а). Цікаво, що для зразків отриманих при $T_n = 400$ К (з вихідним АМО), після їх відпалювання до $T_{\text{відп}} = 550$ К спостерігається поява ГМО з амплітудою 0,5-0,8 % за кімнатної температури (рис. 1б). При подальшому відпалюванні до 700 К спостерігається знову перехід до АМО. Таку складну поведінку МО від $T_{\text{відп}}$ можна пояснити впливом

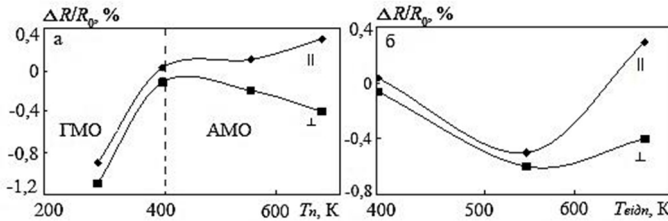


Рисунок 1 – Залежність МО від температури підкладки (а) та температури відпалювання (б) для плівки Co/Cu/Fe/Π ($d_{\text{Fe,Co}} = 40$ нм, $d_{\text{Cu}} = 8$ нм). Температура вимірювання $T_{\text{вим}} = 300$ К.

термообробки на суперпозицію анізотропного (обумовленого спінорбітальною взаємодією) і спінозалежного розсіювання електронів провідності. В плівках отриманих при $T_n = 550$ К та 700 К реалізується тільки АМО незалежно від товщини як магнітних так і немагнітних шарів.

Ефект Холла в шаруватих кристалах інтеркальованих сріблом

¹ Шабатура Ю.В., проф.; ¹ Середюк Б.О., доц.;

² Бужук Я.М., наук. співроб.; ³ Борисюк А.К. наук. співроб.

¹ Академія сухопутних військ

ім. гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

² Львівський національний університет ім. Івана Франка, м. Львів

³ Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

Сьогодні триває активний пошук нових матеріалів оптоелектроніки та приладів цивільного і військового призначення. Шаруваті кристали, зокрема In_4Se_3 характеризуються суттєвою анізотропією фото- та електричних властивостей. З одного боку висока фото чутливість цих матеріалів, а з іншого – можливість інтеркалювання їх найрізноманітнішими за своїми властивостями елементами, робить ці матеріали дуже привабливими з точки зору їх застосування.

Величина сталого Холла для чистого та інтеркальованого зразків In_4Se_3 була обчислена використовуючи експериментально отримані дані залежності холівської напруги від магнітного поля прикладеного перпендикулярно до шарів кристалу In_4Se_3 розміром $(3,8 \times 1,6 \times 0,9)$ мм³ та перпендикулярно до шарів кристалу In_4Se_3 інтеркальованого сріблом $\text{Ag}_{0,35}\text{In}_4\text{Se}_3$ розміром $(4,1 \times 1,9 \times 0,6)$ мм³.

Обидва зразки були у формі паралелепіпедів причому струм пропускався вздовж найдовшої грані, а магнітне поле діяло вздовж найкоротшої грані перпендикулярно до шарів. Стала Холла для In_4Se_3 : $R_0 = 3,7 \cdot 10^{-3}$ м³/Кл, а для $\text{Ag}_{0,35}\text{In}_4\text{Se}_3$: $R = 6,25 \cdot 10^{-3}$ м³/Кл. Результати отримані для чистого зразка знаходяться у добрій відповідності з літературними даними, а похибка головним чином зумовлена різними значеннями кімнатних температур, за яких проводились вимірювання. Виявлено що кристал $\text{Ag}_{0,35}\text{In}_4\text{Se}_3$ має на 70 % вищу чутливість по відношенню до збурень магнітного поля, ніж кристал In_4Se_3 .

Тензорезистивні властивості систем на основі плівок Ni та Ag

Гричановська Т.М., *ст. викл.*; Гришук О.С., *асп.*;Головатий М.О., *к.т.н.*

Сумський державний університет, м. Суми

Фізичні властивості магнітних тонких плівок і багат шарових плівкових систем залишаються предметом активних наукових досліджень, оскільки електроніка потребує широкого спектру сучасних приладових матеріалів.

Перспективною є розробка чутливих елементів тензодатчиків на основі металевих плівкових структур зі спин-залежним розсіюванням електронів. В якості зразків з чергуванням магнітних і немагнітних шарів, розглядалися плівкові системи Ni(10 нм)/Ag(d_{Ag})/Ni(30 нм)/П, в яких товщина шару срібла (d_{Ag}) варіювалась в межах від 3 до 50 нм. Всі плівкові системи одержувались за однакових технологічних умов і досліджувались в інтервалі відносної деформації $\Delta\varepsilon = 0-1\%$. Значні зміни середнього коефіцієнта поздовжньої тензочутливості (γ_l) було

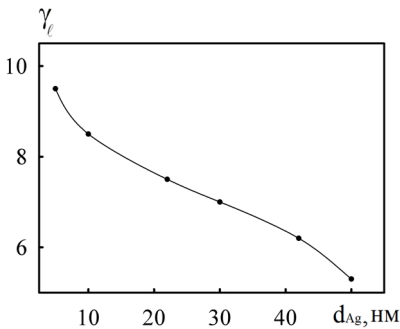


Рисунок 1 – Розмірна залежність KT для плівкової системи Ni(10)/Ag(d_{Ag})/Ni(30)/П від товщини шару срібла.

$d_{Ag} \approx 10$ нм значно збільшується концентрація кристалітів $L_{max} = 60-70$ нм при середніх розмірах $= 20-25$ нм. Починаючи з $d_{Ag} \approx 40$ нм $L_{max} = 100-120$ нм при $= 90-100$ нм.

Тези доповіді друкуються в плані дискусії.

помічено на кінцях зазначеного інтервалу товщин (рис. 1). Так, для зразків де $d_{Ag} = 3-12$ нм коефіцієнт тензочутливості (КТ) різко зростає від 8,3 до 9,7, а для зразків де $d_{Ag} = 42-50$ нм – зменшується від 6,2 до 1,8. Такі особливості розмірної залежності γ_l можна пов'язати зі змінами розмірів кристалітів шару срібла в плівковій системі Ni(10)/Ag(d_{Ag})/Ni(30)/П. Електронно-мікроскопічні та електроннографічні дослідження одношарових плівок Ag показали, що саме починаючи з товщини

The effect of annealing on the magnetoresistive properties of (FeNi)_xCo_{1-x} thin films

Lytvynenko Ya.M., *PhD stud.*; Siruk V.A., *stud.*
Sumy State University, Sumy

Thin films of soft magnetic alloys (FeNi or his alloys with addition of third elements) are widely used as sensing elements for magnetic field detection applications, for example, in magnetic recording read heads or low field measuring devices [1, 2].

Results of investigations magnetoresistive properties for two series of samples with different Co concentrations before and after annealing are presented in this work. A series of (Fe₂₀Ni₈₀)_xCo_{1-x} ($x \cong 55$ and 65 %, x is the vol. %) films were deposited in an oil vapor-free vacuum of $\sim 10^{-4}$ Pa by thermoresistive coevaporation technique using permalloy 79NM ($c_{Ni} \cong 80$ %) and Co independent sources. The films of total thickness 50-60 nm were deposited on the amorphous substrates heated to 480 K. After that samples were annealed at 700 and 900 K during 20 min. The magnetoresistance (MR) determined as $\Delta R/R_S = [(R(B) - R_S)/R_S] \cdot 100$ %, (where R_S is the film resistance in the saturation field (B_S) and $R(B)$ is the resistance in magnetic field B) was measured using 4-point technique in magnetic field (B) up to 500 mT at room temperatures. The magnetoresistive measurements were carried out at CIP geometry of current in two different geometries of applied field: perpendicular geometry (the applied field B perpendicular to the film plane) and transverse geometry (the applied field B in the film plane). All MR curves of unannealed samples show a similar shape to each other, has low values of MR (0,02-0,04 %) and coercivity ($B_C \cong 20$ mT for transverse geometry) and has not saturation field. The value of MR has increased after annealing to 700 and 900 K, B_C changed for perpendicular geometry and has values 95 mT, 40 mT ($c_{Co} \cong 55$ %) and 30 mT, 75 mT ($c_{Co} \cong 65$ %) respectively, but B_C stayed the same for transverse geometry of measurements.

Scientific adviser: Shpetnyi I.O., *PhD, associate prof.*

1. P. Ciureanu, *Thin-Film Resistive Sensors* (IOP: London: 1992).
2. C.S. Roumenin, *Solid State Magnetic Sensors* (Elsevier: Amsterdam: 1994).

Утворення плівкових твердих розчинів в приладових структурах на основі Co і Cu або Ag

Гричановська О.А., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Були проведені дослідження температурної стабільності плівкових приладових структур із можливим спін-залежним розсіюванням електронів на основі магнітного Co та немагнітного Cu або Ag. Для цього були проведені електронографічні дослідження серії плівкових дво- та багатошарових зразків в різною загальною атомною концентрацією Co, що отримувалися вакуумним термоосадженням на вуглецеву підкладку при кімнатній температурі. Для встановлення кореляції структурно-фазового стану цих плівкових структур від температури, проводилися дослідження зразків без додаткового відпалювання та після відпалювання до температур $T_g = 700$ К та 900 К. Дослідження показали можливість утворення метастабільних твердих розчинів (т.р.) в плівкових багатошарових структурах на основі Co і Cu та Co і Ag. Були встановлені умови формування т.р. (Cu, Co) та (Co, Ag) у двох різних випадках: з великою розчинністю компонент і відповідністю правилу Вегарда на всьому інтервалі концентрацій (система на основі Cu і Co з максимально близькими параметрами ґраток компонент); з дуже малою розчинністю з максимальним її значенням в інтервалі 50-70 % концентрації атомів Co (система на основі Ag і Co). Особливістю систем на основі Co і Cu є утворення неперервного ряду метастабільних т.р. вже на стадії конденсації плівкових зразків, коли як для систем на основі Co і Ag т.р. утворюються лише після відпалювання до $T_g = 700$ К.

Також встановлено, що розглянутих приладових плівкових системах стабілізується гранульований стан магнітної компоненти Co і при певних умовах шарувата структура може перейти до стану гранульованого сплаву. Причому середній розмір гранул ($d \approx 10$ нм) в таких сплавах при $T_g \geq 700$ К близький до розміру гранул в гранульованих сплавах при $T_g = 300$ К, що отримували при одночасній конденсації компонент.

Магнітооптичні властивості плівкових багат шарових структур на основі Fe, Co, Au і Cu

Костенко М.В., студ.; Негрійко С.О., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

У приладових плівкових багат шарових структурах на основі Fe, Co, Au і Cu тільки при певних умовах відбувається спін-залежний поляризований перенос електричного заряду, визначальну роль в якому відіграє шорсткість інтерфейсів. Стабілізація певного структурно-фазового стану в даних плівкових системах супроводжується зміною магнітооптичних властивостей. У роботі наведені результати дослідження екваторіального магнітооптичного ефекту Керра (МОКЕ) у дво- та багат шарових плівкових структурах на основі Fe, Co, Au і Cu з товщиною окремих шарів $d = 5 \div 40$ нм, що отримувалися методом вакуумної конденсації в інтервалі температур відпалювання $300 \div 900$ К. У результаті досліджень встановлено, що в одношарових феромагнітних плівках Co і Fe проявляють себе механізми виникнення магнітної анізотропії конденсаційного і термостимульованого походження в залежності від товщини плівки. При цьому спостерігаються характерні феромагнітні прямокутні перлі гістерезису на залежностях МОКЕ у різних геометріях вимірювання. При формуванні багат шарової плівкової структури магнітні властивості усієї системи обумовлені феромагнітним станом окремих шарів Co або Fe. Але в залежності від товщини, послідовності магнітних і немагнітних шарів, температури відпалювання залежності МОКЕ мають свої особливості. Так, наприклад, форма петлі гістерезису МОКЕ невідпаленої плівки Au(35нм)/Co(10нм)/П (П-підкладка) має виражену прямокутну форму, що свідчить про збереження індивідуальності магнітного шару. Після відпалювання до 700 К залежність змінює свою форму, що зумовлено декількома процесами пов'язаними з термостимульованими процесами масоперенесеннями та утворенням твердих розчинів (т.р.) (Au, Co). Подібні зміни у магнітооптичних властивостях можна також спостерігати для зразків на основі Fe і Au. Для зразків на основі Co і Cu термо-відпалювання призводить до збільшення коерцитивної сили, що можна пояснити частковим розпадом т.р. (Co, Cu).

Керівник: Чешко І.В., асист.

Особливості формування впорядкованих масивів наночастинок FeNi

Костюк Д.М., *асп.*; Демиденко М.Г., *асист.*;
Возний А.А. *студ.*; Левченко О.М. *студ.*
Сумський державний університет, м. Суми

Мета даної роботи полягала в оцінці розміру і форми НЧ FeNi з можливістю подальшого їх використання при формуванні спін вентильних систем “плівка магнітного матеріалу / немагнітний прошарок / масив НЧ”. Зразки для досліджень були отримані з використанням методики описаної в роботі [1]. Одним із поставлених завдань було дослідити вплив температури відпалювання на морфологію впорядкованого масиву НЧ FeNi. Рис. 1а ілюструє масив НЧ без термообробки. Найбільший ймовірний діаметр НЧ складає 6 нм. Як видно із гістограми розподілу (рис. 1в), після термообробки до 900 К найбільш ймовірний діаметр НЧ зміщується вправо і дорівнює 12 нм, що свідчить про коалесценцію НЧ та, як результат, збільшення їх розміру. Окрім цього термообробка призводить до формування частинок більш правильної сферичної форми, на відміну від переважно багатограних НЧ до відпалу.

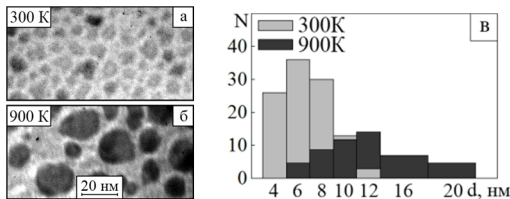


Рисунок 1 – ПЕМ зображення впорядкованого масиву НЧ FeNi без термообробки(а) та після відпалу до 900 К (б). Гістограма розподілу НЧ за розмірами (в).

Таким чином, використовуючи термообробку можна впливати на подальші електрофізичні властивості спін вентильних систем на основі сформованого масиву наночастинок за рахунок збільшення концентрації НЧ із феромагнітними властивостями.

Керівник: Проценко С.І., *проф.*

1. S.A. Nepijko, H.J. Elmers, G. Schönhense, et al., *Appl. Phys. A*, In Press.

Електрофізичні властивості плівкових систем на основі Au та Fe

Бунковська Т.С., студ.; Шабельник Ю.М., асп.;

Пазуха І.М., ст. викл.

Сумський державний університет, м. Суми

Робота присвячена вивченню впливу термообробки на структурно-фазовий стан і електрофізичні (питомий опір та термічний коефіцієнт опору (ТКО)) властивості плівкових систем на основі Au та Fe.

Зразки були отримані в установці ВУП-5М резистивним методом наплення при тиску залишкових газів 10^{-4} Па на попередньо підготовлену ситалову підкладку. Контроль товщини проводили двома методами: у процесі конденсації за допомогою кварцового резонатора та після конденсації на інтерферометрі МП-4.

Аналіз структурно-фазового стану тришарових зразків Fe/Au/Fe/П (П-підкладка) показав, що після конденсації система залишається двофазною (на електроніграмах фіксуються лінії від ГЦК-Au і ОЦК-Fe). Після термовідпалювання до $T_g = 700$ К починається утворення твердого розчину (Au, Fe).

На рисунку 1 представлені типові для систем на основі Au і Fe температурні залежності питомого опору і ТКО (на вставці). Як видно з рисунка система Fe(20 нм)/Au(5 нм)/Fe(18 нм)/П (в дужках вказана товщина в нм) має типовий для металів характер, величина питомого опору $\rho \sim 10^{-7}$ Ом·м, величина ТКО $\beta \sim 10^{-3}$ К $^{-1}$.

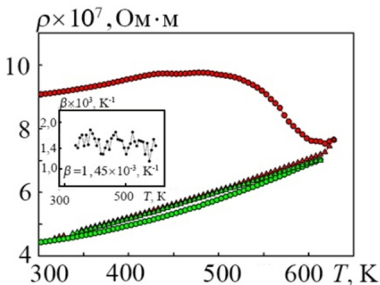


Рисунок 1 – Залежності $\rho(T)$ та $\beta(T)$ для плівкової системи Fe(20 нм)/Au(5 нм)/Fe(18 нм)/П.

Робота виконана в рамках бюджетної тематики № 0112U001381 Міністерства освіти і науки України.

Розмірні залежності магнітооптичних властивостей нанорозмірних плівок Со

Костюк Д.М., *асп.*; Демиденко М.Г., *асист.*;
Боюн А.В., *студ.*
Сумський державний університет, м. Суми

Для розуміння особливостей електрофізичних параметрів спін-вентильних систем дуже важливо мати точне уявлення про внесок кожної із компонент. Цікавим та перспективним об'єктом для дослідження є спін-вентильні системи, де один із шарів являє собою впорядкований масив НЧ. Попередні дослідження систем типу немагнітний матеріал (НМ) / масив наночастинок (НЧ) показали те, що в таких системах спостерігається явище магнітоопору, що зумовило проведення подальшої роботи з метою дослідити спін-вентильні системи типу магнітний матеріал(ММ) / НМ / НЧ [1]. У даній роботі було встановлено залежності величини коерцитивної сили від товщини магнітної плівки Со. Для досліджень було сформовано плівки Со товщиною 5 нм, 20 нм та 35 нм. Формування зразків відбувалось методом термічної конденсації у вакуумній камері при тиску залишкової атмосфери $p = 10^{-4}$ Па. Мікроскопічні дослідження проводились у просвічуючому електронному мікроскопі ПЕМ-125К. Отримані залежності магнітооптичного ефекту Керра показали збільшення коерцитивної сили до 34 мТ при зменшенні товщини плівки Со до 6 нм. Одним із можливих пояснень може бути той факт, що при відносно малих товщинах структура плівки може мати острівцевий характер, внаслідок чого збільшується концентрація феромагнітних доменів і відповідно зростає коерцитивна сила.

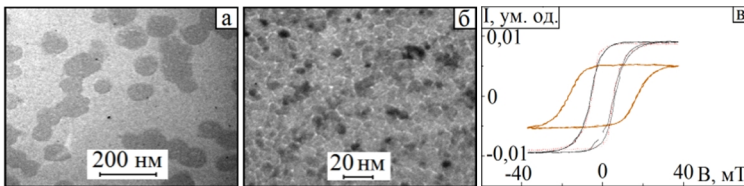


Рисунок 1 – ПЕМ зображення плівки Со(6)(а) та Со(20)(б) та відповідні залежності МОКЕ(в).

Керівник: Проценко С.І., *проф.*

1. S.A. Nepijko, H.J. Elmers, G. Schönhense, et al., *Appl. Phys. A*, In Press.

СЕКЦІЯ 5

«ЕЛЕКТРОННЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

Чутливий елемент датчика магнітного поля на основі плівок Fe і Ge

Удод Ю.С., *магістр.*; Власенко О.В., *асп.*;

Однодворець Л.В., *доц.*

Сумський державний університет, м. Суми

Плівкові системи типу феромагнетик/напівпровідник широко застосовуються для створення діодних і транзисторних структур, накопичувачів інформації великої ємності, датчиків магнітного поля, вимірювачів електричних струмів та елементів спінтроніки. Широкий спектр можливостей застосування таких систем пояснює інтерес до дослідження їх магніторезистивних властивостей та процесів фазоутворення при термообробці.

Зразки були отримані у технологічному вакуумі методом пошарової конденсації з подальшим термовідпалюванням в інтервалі $\Delta T = 300 - 800$ К. Вимірювання магнітоопору (МО) проводилися у трьох геометріях: поздовжній (лінії магнітної індукції B направлені вздовж напрямку протікання струму), поперечній (перпендикулярно до лінії протікання струму) та перпендикулярній (перпендикулярні площині зразка). Величина МО визначалася за співвідношенням $MO = \Delta R/R_0 = (R_B - R_0)/R_0$, де R_B і R_0 – опір плівки при заданому полі і без поля.

Вивчення фазового складу плівок Fe і Ge вказують на його залежність від температур підкладки і відпалювання. Зокрема, при конденсації плівок Ge на аморфні підкладки (плівка вуглецю, ситал) вони також мають аморфну структуру, при конденсації на плівку Fe – квазіаморфну або кристалічну структуру. Плівки Fe незалежно від температури підкладки кристалічні. Особливості магніторезистивних та магнітооптичних властивостей систем на основі Fe і Ge пов'язані із процесами фазоутворення. Так, в системах Fe(10)/Ge(x)/Fe(10) при збільшенні товщини шару Ge від 2 до 10 нм величина МО змінюється немонотонно і при товщині $d_{Ge} = 3$ нм має максимальне значення $MO = 0,35\%$, що можна пояснити утворенням проміжних фаз Fe_xGe_{1-x} на межі поділу між шарами. Встановлено також, що в системі реалізуються два магнітні стани - утворюються стабільні домени з результируючим вектором намагнічування, направленим перпендикулярно до поверхні плівки.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики №0112U001381 (2012 -2014 pp.).

Магнітооптичні властивості приладових структур ферромагнетик/напівпровідник

Власенко О.В., асп.; Стельмах Є.В., студ.;
Однодворець Л.В., доц.
Сумський державний університет, м. Суми

Однією з основних задач розвитку спінтроніки є формування нових матеріалів чутливих елементів приладів: магнітних напівпровідників та гібридних наноструктур типу ферромагнетик/метал і ферромагнетик/напівпровідник. Перспективи застосування таких матеріалів обумовлені можливістю використання спінів напівпровідникового шару як детектора, що реагує на зміни магнітного стану в ферромагнетику, і унікальними магнітними властивостями.

Мета роботи полягала в дослідженні впливу температури і товщини немагнітного шару тришарових систем на основі плівок Fe і Ge на величину коерцитивної сили з точки зору практичного застосування таких матеріалів як чутливих елементів багатофункціональних датчиків. Зразки Fe/Ge/Fe були отримані методом термічного випаровування на ситалові підкладки (П) у технологічному вакуумі ($p \sim 10^{-4}$ Па) та відпалені в автоматичному режимі в інтервалі температур 300 – 800 К протягом 3-4 циклів «нагрів-охолодження». Дослідження магнітооптичних властивостей проводилось методом магнітооптичного ефекту Керра (МОКЕ).

Дослідження магнітооптичних властивостей показало, що при збільшенні товщини напівпровідникового шару від 2,5 до 10 нм коерцитивність плівкових систем зменшується: від 42 до 15 мТл (невідпалені зразки) та від 70 до 8 мТл (відпалені до 800 К). Різка зменшення значення коерцитивної сили в системах, які пройшли термообробку, пов'язане з утворенням магнітних і немагнітних фаз та процесами дифузії атомів Ge в шари Fe. У вищевказаних системах спостерігається залежність кута Керра від індукції магнітного поля у вигляді «ступінчатої» петлі гістерезису, що свідчить про реалізацію двох магнітних станів в системі і можливість керування швидкодією чутливого елемента датчика в магнітному і температурному полях.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики №0112U001381 (2012 – 2014 рр.).

Магніторезистивні властивості гранульованих плівкових сплавів на основі Fe і Ag як чутливих елементів датчиків

Пилипенко О.В., асп.; Корольов М.М., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Актуальність досліджень властивостей багатошарових плівкових систем на основі магнітних і немагнітних компонент у вигляді мультишарів та гранульованих плівкових сплавів, обумовлена необхідністю створення нових магнітних матеріалів для приладів спінтроніки і сенсорної техніки. Згідно діаграми стану Ag-Fe для масивних зразків взаємна розчинність компонент дуже обмежена, але при переході до плівкових матеріалів, можлива стабілізація гранульованого стану на основі метастабільного т.р. (Ag, Fe) або решітки Ag.

У роботі наведені результати експериментальних досліджень магніторезистивних властивостей плівок на основі Fe і Ag, які були отримані методом одночасної конденсації з двох джерел з подальшим відпалюванням в температурному інтервалі від 300 до 750 К. Вимірювання проводились при кімнатній температурі в зовнішньому магнітному полі від 0 до 600 мТл у поздовжній геометрії.

Отримані залежності МО від індукції зовнішнього магнітного поля для плівкової системи (Fe+Ag)/П при загальній концентрації атомів $c_{Ag} = 70$ ат.% у невідпаленому та відпаленому до $T_v = 750$ К станах. Загальна товщина зразків мала величину 10 – 30 нм. Встановлено, що характерна для гранульованого сплаву залежність магнітоопору (МО) від зовнішнього магнітного поля спостерігається у невідпалених плівкових зразках з досить високими значеннями $МО = 1,0 - 2,5\%$. Це може бути підставою зробити висновок про формування в зразках гранульованого стану, що дає перспективи застосування таких систем як чутливих елементів магніторезистивних датчиків. Зменшення величини $МО = 0,30 - 0,75$ після відпалювання можна пов'язати із зростанням середнього розміру гранул α -Fe, яке зменшує ефективність спінзалежного розсіювання електронів.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики №0112U001381 (2012 – 2014 рр.).

Керівник: Однодворець Л.В., доц.

Лабораторний стенд для дослідження вольт-амперних характеристик світлодіодів

Листопад О.О., студ.; Ігнатков А.В., студ.;
Кротченко М.І., студ.; Лободюк О.С., зав. лаб.
Сумський державний університет, м. Суми

Робочі характеристики світловипромінювальних діодів (СД) визначаються його конструктивно-технологічними особливостями і матеріалом чутливого елемента.

Для дослідження вольт-амперних характеристик СД розроблена конструкція лабораторного стенду (рис.1), до складу якого входять: світловипромінюючі діоди; вузол комутації; вимірювальні прилади (мультиметри типу DT-830A); змінний резистор типу ППБ-1А з опором 2,2 кОм; імпульсне джерело живлення на основі Push-down генератора з напругою до 10 В.

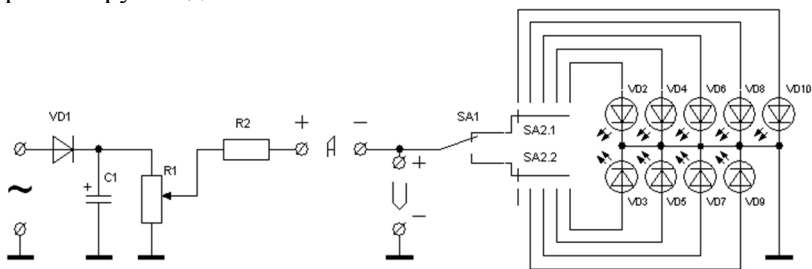


Рисунок 1 – Принципова схема лабораторного стенда для вимірювання вольт-амперних характеристик СД.

У роботі наведені результати дослідження вольт-амперних характеристик СД типу АЛ різного кольору світіння, які застосовуються як елементи індикації ввімкнення, готовності апаратури до роботи і наявності напруги живлення в блоках. Встановлено, що при збільшенні напруги від 0 до 4,0 В величина прямого струму збільшується від 0 до 5,2 мА. На основі експериментальних залежностей визначені робочі області СД та області насичення вольт-амперних характеристик.

Проведено порівняльний аналіз експериментальних даних і результатів комп'ютерного моделювання фізичних характеристик СД.

Керівник: Однодворець Л.В., доц.

Віртуальна лабораторна робота «Дослідження термічного коефіцієнта опору»

Тищенко К.В., інж.

Сумський державний університет, м. Суми

Віртуальна лабораторна робота «Дослідження термічного коефіцієнта опору» дає можливість відтворювати процес вакуумного відпалення тонких плівок металів та напівпровідників. Робота розроблена в середовищі програмування LabVIEW-2012 і архітектурно побудована на базі кінцевого автомата. У додатку використані експериментальні залежності температурного коефіцієнту опору (ТКО) плівок міді та германію, що дало змогу максимально наблизити отримані результати до експериментальних. Робоче середовище (рис. 1) містить наступні елементи управління та контролю: мультиметри для індикації опору зразка та температури (1); вибір зразка (2); встановлення температури відпалювання (3); вибір кількості циклів (4); кнопка запуску процесу відпалювання (5); поле індикації графіка або таблиці (6); кнопка збереження результатів (7).

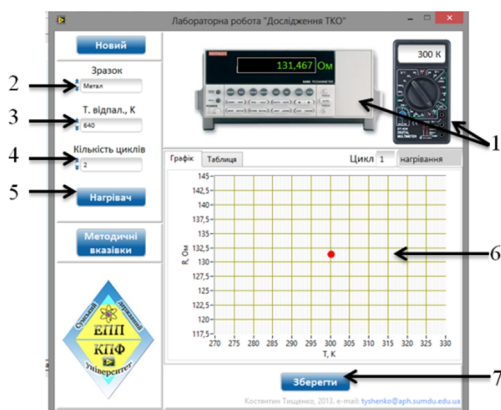


Рисунок 1 – Робоче середовище віртуальної лабораторної роботи.

Додаток дозволяє моделювати процес відпалювання протягом багатьох циклів, відобразити процес на графіку та заносити дані до таблицю. Також є можливість зберегти результати у вигляді таблиці для подальшої обробки.

Термічна стабільність магнітних характеристик спін-вентильних систем

Хромов І.А., студ., Федченко О.В., мол. наук. співроб.
Сумський державний університет, м. Суми

Спін-вентильні системи відносяться до сучасних матеріалів із спін-залежним розсіюванням, що використовуються як чутливі елементи сенсорної техніки. Актуальними на сьогодні є питання вивчення впливу температури на властивості цих структур, оскільки фазоутворення, рекристалізаційні та дифузійні процеси, що виникають при відпалюванні, можуть призвести до зміни обмінної взаємодії між магнітними шарами спін-вентилів та порушити їх антиферромагнітне впорядкування [1].

У роботі представлені результати дослідження термічної стабільності магнітних характеристик спін-вентилів на основі Fe, Co, Au при різних товщині та чергуванні магнітних шарів (МШ). Встановлено, що системи з відносно товстим ($d \cong 20$ нм) магнітожорстким шаром Co, мають найбільші та термічно стабільні значення магнітоопору (МО), який проявляє анізотропію у поздовжній та поперечній геометріях вимірювання. Крім того, у перпендикулярній геометрії МО змінює свій знак при різних температурах відпалювання. Це пояснюється тим, що утворюється т.р.(Au,Co), що призводить до зменшення товщини суцільного немагнітного прошарку та викликає зміни непрямого обмінного зв'язку між МШ. Спін-вентилі з відносно товстим шаром Co мають також максимальну чутливість до магнітного поля при усіх температурах відпалювання. При використанні відносно товстого шару Fe, як магнітожорсткого матеріалу, спін-вентилі проявляють максимальне та термостабільне значення індукції насичення та розмагнічування. Крім того, МО для цих спін-вентилів є ізотропним в усіх трьох геометріях вимірювання та зберігає свій знак при змінній температурі відпалювання. Отже, товщина та чергування магнітних шарів суттєво впливає на значення та термостабільність характеристик спін-вентилів.

Робота виконана в рамках держбюджетної теми №0112U001381.

1. О.В. Сынашенко, А.И. Салтыкова, И.Е. Проценко, *Ж. нано-електрон. фіз.* **2**, 89 (2009).

Система вимірювання наднизьких струмів

Булатов С.А., асп.; Проценко С.І., доц.;
Рідченко С.О., студ.

Сумський державний університет, м. Суми

Вимірювання наднизьких струмів з високою точністю у фемтоамперному діапазоні являє собою складну експериментальну задачу. Оскільки на процес вимірювання впливає велика кількість факторів, зокрема космічна радіація, трибологічний ефект, електромагнітні поля, тощо [1]. З метою реалізації високоточної системи вимірювання наднизьких струмів, як однієї з складових скануючого тунельного мікроскопу нами було запропоновано схему перетворювача струм – напруга, в основі якої лежить явище накоплення заряду конденсатором при протіканні крізь нього струму. Таким чином підсилювач інтегрує вхідний сигнал, при чому точність вимірювань залежить від часу інтегрування і конденсатора в колі зворотного зв'язку.

При практичній реалізації пристрою, було необхідно застосувати рішення по зменшенню паразитного впливу струмів стікання, саморозряду конденсаторів, стабілізації параметрів системи впродовж процесу вимірювання, тощо. Схемотехнічно система представляє собою інтегратор струму на операційному підсилювачі (ОП), з обнулінням [2]. В якості ОП використано LMP7721 з вхідними струмами 3 fA. Всі компоненти розміщені в екранованій камері на тефлонових стійках, що зменшує поверхневі паразитні струми. Конденсатор з тефлоновим діелектриком, для зменшення струмів розряду и адсорбції. Котушка керування геркона виконана у окремому екрануючому корпусі для запобігання впливу електромагнітної індукції при комутації. Оскільки після обнуління конденсатора є залишкове значення напруги, система вимірювання проводить його реєстрацію і проводить інтегрування від цього значення.

1. Keithley, *Low Level Measurements Handbook* (Cleveland: Keithley: 2004).
2. И. Достал, *Операционные усилители* (М.: Мир: 1982).

Прекурсори напівпровідникових сполук для тонкоплівкових сонячних елементів

¹Момотенко О.В., студ.; ¹Клочко Н.П., доц.;

¹Хрипунов Г.С., проф., ²Волкова Н.Д., проф.;

¹Копач В.Р., доц.; ¹Любов В.Н., наук. співроб.

¹Національний технічний університет «ХПІ», м. Харків

²Національний аерокосмічний університет «ХАІ», м. Харків

Плівки діселеніду міді та індію CuInSe_2 і тверді розчини на їх основі $\text{Cu}(\text{Ga}, \text{In})(\text{S}, \text{Se})_2$ продемонстрували рекордну ефективність, високу фізичну та хімічну стабільність у складі тонкоплівкових сонячних елементів (СЕ). Проте дефіцит In, висока вартість In та Ga, а також токсичність Ga обумовили інтенсивне дослідження споріднених сполук – матеріалів із сімейства кестеритів $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S}, \text{Se})_4$, які розцінюють як перспективний абсорбер тонкоплівкових СЕ нового покоління. Кестерити належать до прямозонних напівпровідників р-типу з шириною забороненої зони в діапазоні 1,0 - 1,5 еВ. Серед усіх методів технологія електроосадження найкраще відповідає створенню високоякісних, економічно вигідних і великих за площею прекурсорів трьох- та чотирьохкомпонентних напівпровідників.

Методом рентгенівської дифракції проведено порівняльний аналіз структури, за допомогою скануючої електронної мікроскопії досліджено морфологію поверхні плівок міді, індію, олова, цинку і їх плівкових композицій, виготовлених методом електрохімічного осадження в гальваностатичних стаціонарному та режимі з ультразвуковим перемішуванням електролітів, в прямому і реверсивному імпульсних режимах. Досліджено вплив режимів електроосадження на структуру, оптичні властивості та морфологію поверхні аморфних і кристалічних плівок селену. Методом послідовного електрохімічного осадження отримані плівкові композиції $\text{Cu}/\text{In}/\text{Se}$ і $\text{Cu}/\text{Sn}/\text{Zn}/\text{Se}$, які є моделями прекурсорів халькопіриту CuInSe_2 та кестериту $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$, відповідно. Ці композиції після їх перетворення в CuInSe_2 та $\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$ шляхом відпалу будуть використовуватися як базові шари дешевих та ефективних тонкоплівкових СЕ нового покоління.

**Чутливі елементи перетворювачів тиску на основі шаруватих
інтеркальованих кристалів InSe, GaSe і Bi_2Te_3**

Кудринський З.Р., асп.; Ковалюк З.Д., проф.

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича
НАН України, Чернівецьке відділення, м. Чернівці

Теоретичною передумовою використання шаруватих напівпровідників як чутливих елементів (ЧЕ) перетворювачів тиску (ПТ) являються кристалографічні особливості їх будови. Зокрема, InSe і GaSe складаються з пакетів, що чергуються, мікрошарів структури ... – Se – In (Ga) – In (Ga) – Se – ..., усередині яких діють сильні ковалентні зв'язки, а між ними – слабкі ван-дер-ваальсові. Така унікальна структура зумовлює значну анізотропію механічних і електричних властивостей і, як наслідок, високу чутливість до механічних дій. Це пояснюється тим, що в шаруватих кристалах номер шару є квантовим числом, і ступінь перекриття їх хвильових функцій, що змінюється при механічній дії, чинить істотний вплив на енергетичний спектр сполук, а, отже, і на електронні властивості.

У даній роботі отримані експериментальні результати дослідження впливу тиску газів на процеси інтеркаляції, які відкривають можливість застосування шаруватих кристалів InSe, GaSe і Bi_2Te_3 як ЧЕ для ПТ. Запропоновано два способи вимірювання тиску на основі шаруватих кристалів: по залежності параметра (струму) інтеркаляції від тиску і залежності електрорушійної сили (е.р.с.) інтеркалата від тиску.

Проведені дослідження на предмет використання струму інтеркаляції від тиску газів показали, що ПТ, який працює на цьому принципі, має хороші характеристики. Кращими в цьому відношенні є системи $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{LiCl}$ в H_2O з наступними параметрами: чутливість $1,35 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹, внутрішній опір менше 10^2 Ом.

Для інтеркалатів InSe і GaSe виявлено наявність е.р.с. При дослідженні відносно високоомних монокристалів селеніду індію і галію, інтеркальованих іонами лужних металів, виявлена залежність величини е.р.с. від величини малого абсолютного усебічного (атмосферного) тиску. Більш різка залежність е.р.с. від тиску спостерігається для інтеркальованого InSe, що зумовлено його меншою мікротвердістю, і, відповідно, більшою пластичністю.

Резонаторный измерительный преобразователь с запредельной частью для влагометрии сыпучих материалов

Полетаев Д.А., *ст. преп.*

Таврический национальный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь

В настоящее время, широкое применение нашли датчики на основе коаксиальных резонаторных измерительных преобразователей (КРИП) [1]. Преимуществами которых являются: внешнее расположение объекта исследования, регулировка чувствительности измерительного преобразователя путем выбора апертуры.

Рабочая частота КРИП определяется максимумом дисперсии воды [1], а также размером отдельного зерна материала (различают, например, крупно- и мелкодисперсные).

Целью работы является анализ информационных сигналов (добротности и частоты) КРИП при изменении длины запредельной части, заполненной исследуемым материалом, и частоты.

КРИП с запредельной частью включает коаксиальный резонатор, высотой H и запредельную часть, общей длиной h_z ; h – длина запредельной части, содержащая исследуемую пробу с электрофизическими параметрами ϵ , $\text{tg}d$.

Значения добротности и частоты получены из прямого численного решения волнового уравнения, с учётом тепловых потерь в стенках резонатора. Чувствительность определялась исходя из изменения добротности для двух образцов.

Установлено, что добротность КРИП определяется только электрофизическими параметрами пробы, при изменении длины запредельной части, заполненной материалом, от 0,051 до 0,61, что позволяет упростить процесс измерения. Результаты работы положены в основу патента Украины на полезную модель устройства для измерения влажности [2].

1. L. Chen, C. Ong, et al., *Microwave electronics measurement and materials characterization* (New York: John Wiley & Sons Ltd: 2004).
2. Ю.О. Гордієнко; Д.О. Полетаєв, Пат. 67312 Україна, МПК G01N 22/04. *Пристрій для вимірювання вологості.*

Автоматизированный вибрационный магнитометр с электромагнитом конструкции Пузеля

Великанов Д.А., *д-р-ант*

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Магнитометр предназначен для исследования статических магнитных свойств широкого спектра веществ и позволяет снимать магнитопольевые, температурные и угловые зависимости магнитного момента.

Намагничивающее поле создаётся электромагнитом [1] с обмоткой сопротивлением 1 Ом. Источником питания электромагнита служит мотор-генератор, содержащий асинхронный электродвигатель типа А2-82-4 и генератор постоянного тока типа П91. Обмотка возбуждения генератора запитана от двуполярного регулируемого источника тока, что позволяет записывать полные петли гистерезиса. Исследуемый образец приводится в колебательное движение с помощью вибратора оригинальной конструкции [2].

Для регистрации полезного сигнала применена система из четырёх измерительных катушек, плоскости витков которых перпендикулярны намагничивающему полю и параллельны направлению колебаний [3].

Таблица 1 – Основные параметры магнитометра

Динамический диапазон	$5 \cdot 10^{-6} - 100 \text{ Гс см}^3$
Магнитное поле	$0 - \pm 25\,000 \text{ Э}$
Температура образца	$77 - 370 \text{ К}$

Автоматизация измерений производится с помощью программы, написанной на языке Delphi. Данные с измерителя магнитной индукции, с датчика температуры и с выхода регистрирующей схемы магнитометра посредством специализированного контроллера передаются на персональный компьютер. Значения измеряемых параметров в ходе эксперимента записываются на жёсткий диск компьютера и графически отображаются на экране монитора.

1. И.М. Пузей, П.Г. Сабинин, *ИТЭ* № 1, 104 (1960).
2. Д.А. Великанов, Патент РФ № 2339965, *Бюл.* № 33 от 27.11.2008.
3. J.E. Noakes, A. Arrott, C. Naakana, *Rev. Sci. Instrum.* **39**, 1436 (1968).

Зниження ресурсовитрат мереж на кристалі шляхом застосування квазіоптимальних топологій

Романов О.Ю., *асист.*

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ

Однією з основних тенденцій розвитку сучасних систем на кристалі є їх трансформація в мережі на кристалі (МнК). МнК – це множина обчислювальних модулів, об'єднаних загальною підсистемою зв'язку, яка складається з роутерів і з'єднань між ними. Енергоємна підсистема зв'язку МнК займає значні ресурси кристала і широко застосовується при синтезі портативних систем. Енергоспоживання МнК безпосередньо залежить від витрат апаратних з'єднань, ресурсів логіки та регістрів на її синтез. Зменшення апаратних витрат та площі кристала, що займається МнК дає можливість зменшити енергоспоживання системи в цілому.

Один із способів покращення характеристик МнК – це оптимізація її топології. Нами запропоновано застосування нерегулярних топологій з'єднання вузлів МнК (квазіоптимальних топологій), що дає можливість проектувати ефективні МнК із заданою кількістю вузлів, зв'язків між вузлами та оптимізацією за максимальною і середньою відстанню між вузлами. Недоліком квазіоптимальних МнК у порівнянні із регулярними топологіями є необхідність застосування таблиць маршрутизації, що потенційно може привести до додаткових витрат ресурсів. Однак нами показано, що це не так.

Для аналізу запропонованих топологій розроблено HDL-модель МнК NoCSimp, за допомогою якої було синтезовано МнК з різними топологіями та 9 вузлами із кількістю з'єднань від 8 до 18 на базі FPGA Stratix III EP3SE80F1152C2. Були отримані наступні результати: підсистеми зв'язку синтезованих МнК споживають від 3009 (8 з'єднань) до 3733 (18 з'єднань) логічних комірок та відповідно 2143 - 2750 регістрів, тобто із збільшенням кількості з'єднань ресурсовитрати зростають до 20%; відмінність у ресурсовитратах на реалізацію МнК із регулярними та квазіоптимальними топологіями при однаковій кількості з'єднань не значна, що свідчить те, що надлишкові витрати на таблиці маршрутизації компенсуються витратами на блок маршрутизації у регулярних топологіях.

Мережі на кристалі для багатоядерних систем

Мартінова А.А., студ.

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ

Сучасні електронні системи не обходяться без потужного обчислювального вузла, який оперативно приймає, опрацьовує та передає велику кількість інформації. Для створення таких обчислювальних вузлів об'єднують велике число IP-ядер в єдину систему, комутуючи їх між собою за допомогою шин. Недоліком таких з'єднань є обмежена кількість інформації, що передається в кожний момент часу, а також тепло, що виділяється при обміні інформації, в той час як можливості з відведення тепла обмежені, що унеможливує одночасну передачу великої кількості даних.

В результаті багатьох років розробок та спроб знайти рішення проблеми швидкої та якісної обробки інформації, виробники процесорів досягли одночасного об'єднання 8 апаратних ядер в рамках кристалу, і поки що їх кількість не збільшується, що ставить під загрозу подальший розвиток технологій. Альтернативним рішенням існуючої проблеми є мережі на кристалі (МнК). Архітектура МнК, на відміну від шинних з'єднань, за рахунок маршрутизаторів, які керують передачею даних, забезпечує одночасну взаємодію декількох вузлів. Маршрутизатори об'єднуються в мережу, по якій відбувається обмін інформацією подібно простій комп'ютерній мережі [1]. МнК відповідає вимогам гнучкості та масштабованості, що дає змогу легко адаптувати її для різних архітектур кристалу та передавати великі об'єми інформації з мінімальними затримками, завдяки чому досягається швидкодія та низьке енергоспоживання [2].

Підсумовуючи вищесказане, можна зробити висновок, що застосування технології МнК – альтернативний шлях до створення складних мультипроцесорних обчислювальних систем, призначених для обробки поточкових даних великої інтенсивності, та таких, що мають високі показники ефективності, обчислювальної потужності та низького енергоспоживання.

Керівник: Романов О.Ю., асист.

1. А.Ю. Романов, *Вестник НТУ "ХПИ"*, **36**, 149 (2011).
2. F. Angiolini, *IEEE Trans. on CADICS*, **26**, No 3, 421 (2007).

Волоконно-оптичний датчик для вимірювання рівня рідини

Фолюшняк В.В., студ.

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ

Одним з найважливіших напрямів розвитку вимірювальної техніки є створення нових методів і приладів, заснованих на використанні оптичних ефектів і призначених для реєстрації і контролю температури, тиску, швидкості, рівня рідини і прискорення, визначення інтенсивності електричного і магнітного полів. .

Запропонований датчик складається з оптоелектронного блоку випромінювання, чутливого мембранного елементу і волоконно-оптичного перетворювача. Загальні оптичні торці, які передають і приймають випромінювання, зістиковані. Якщо на мембрану не діє тиск Р-рідини, вона має плоску форму і відображає в каналу проходження світла світловий потік певної величини. При дії на мембрану тиску, залежного від рівня рідини, вона стає опуклою і починає працювати за принципом опуклого сферичного дзеркала. Цей прогин мембрани зменшує відстань від торця каналу випромінювання до мембрани, при цьому зменшується потік відбитого від мембрани випромінювання. Ця зміна реєструється приймачем випромінювання, де оптичний сигнал перетвориться в електричний, який, у свою чергу, посилюється і обробляється подальшими електронними пристроями.

Розроблений метод підвищення точності вимірів заснований на здобутті інформаційної надмірності додаткової інформації не лише про фізичну величину, але і похибки, що допускаються при вимірюваннях. Вживання вказаного методу дозволяє синтезувати вимірювальну систему високої точності на базі нестабільних вимірювальних перетворювачів. Для збільшення точності і компенсації похибок у конструкцію датчика вводиться додаткове оптичне волокно для створення опорного сигналу, що дозволяє зменшити чутливість вихідного сигналу до змін температури і амплітуди джерела.

Керівник: Лисенко О.І., *ст. викл.*

1. Фрайден Дж. *Современные датчики*. – М.: Машиностроение, 2005. – 592 с.

Параллельные вероятностные преобразования данных

Бейнер П.С., асп.; Бейнер Н.В., асп.

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, м. Севастополь

Существует целый ряд задач, решение которых предполагает использование специализированных процессоров, способных производить параллельные вычисления.

Хорошо знакомым на сегодняшний день является представление информации в виде двоичных позиционных кодов. Гораздо менее известна дискретная форма представления данных в виде вероятностных отображений [1]. Преобразование сигнала из любой формы в рассматриваемую основано на замене значения измеряемого параметра сигнала соответствующей ему вероятностью. В зависимости от правила, в соответствии с которым это происходит, методы преобразования делятся на однолинейное однополярное, однолинейное двухполярное и двухлинейное двухполярное представления [2, 3].

При последовательном преобразовании аналоговой или цифровой информации в вероятностную форму возникают методические погрешности, тем большие, чем меньше интервал вероятностного преобразования. При работе информационно-измерительных систем в реальном масштабе времени это приводит к заметному сужению их частотного диапазона и, как следствие, к ограничению областей применения вероятностных измерительных процессоров.

Параллельное вероятностное преобразование позволит значительно повысить показатели надежности, производительности и точности информационно-измерительных систем.

Предложенное техническое решение позволяет воспользоваться преимуществами вероятностной формы представления информации.

1. В.С. Гладкий *Вероятностные вычислительные модели* (Москва: Наука: 1973).
2. Н.Е. Сапожников, *Вестник СевГТУ* N5, 37 (1997).
3. Н.Е. Сапожников, *Приборостроение* N34, 31 (1983).

Магнітні властивості спінових вентилів з термокерваним обміном

Шабельник І.М., асп.

Інститут магнетизму НАНУ та МОНУ, м. Київ

Однією із головних проблем прикладної спітроніки з моменту відкриття гігантського магнітоопору, залишається проблема безпосереднього маніпулювання магнітними моментами нанорозмірних феромагнетиків [1]. Керування обмінною взаємодією між двома нанорозмірними шарами сильних феромагнетиків (F) можливе за допомогою температури, коли змінюється відносна орієнтація їх магнітних моментів, через прошарок слабого феромагнетика (f).

Шаруваті магнітні наноструктури (спіновий вентиль) $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ (10 nm) / $\text{Ni}_x\text{Cu}_{100-x}(t)/\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ (5 nm) / $\text{Mn}_{80}\text{Ir}_{20}$ (12 nm) / Cu (5 nm) з температурно керованим міжшаровим обміном (через прошарок NiCu [2]) були отримані методом магнетронного розпилення мішеней в аргоні при тиску 5 мТорр на термічно окислені кремнієві підкладки. Було виготовлено дві серії зразків: тришарові структури з товщиною прошарку $t = 6$ nm та різною об'ємною часткою Ni в прошарку $\text{Ni}_x\text{Cu}_{100-x}$ ($x = 0 - 100$ at. %); тришарова структура з постійною концентрацією прошарку $\text{Ni}_{54}\text{Cu}_{46}$ та різною товщиною t прошарку ($t = 3 - 9$ nm).

Дослідження магнітних властивостей плівок $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Ni}_x\text{Cu}_{100-x}(t)/\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}/\text{Mn}_{80}\text{Ir}_{20}/\text{Cu}$ здійснювалося за допомогою методу феромагнітного резонансу (ФМР) (спектрометр Bruker ELEXYS-E500, X-діапазон) в температурному інтервалі 100 – 500 K та вібраційної магнітометрії при кімнатній температурі.

Аналіз магнітних та магніторезонансних даних дозволив встановити залежність магнітних параметрів таких систем від товщини слабомагнітного прошарку та температури. Встановлено кореляцію між величиною магнітного зв'язку в досліджених спінових вентилях та магнітним станом слабомагнітного прошарку.

Керівник: Кравець А.Ф., канд. фіз.- мат. наук

1. Ю.В. Гуляев, П.Е. Зильберман и др., *ЖТФ* **79**, 5 (2009).
2. A.F. Kravets, A.N. Timoshevskii, et. al., *J. Magn. Magn. Mat.* **324**, 2131 (2012).

Технология создания встроенных в основу печатной платы компонентов

Осмоловский С.А., студ.

НТУУ «Киевский политехнический институт», г. Киев

В настоящее время наблюдается тенденция к миниатюризации электронных приборов и устройств с одновременным повышением их функциональности. Сегодня это достигается либо благодаря уменьшению размеров электронных компонентов, либо с помощью перехода от 2D к 3D решениям.

Одним из таких 3D методов является разработанная технология встраивания электронных компонентов в основу печатной платы (Рис.1): после поверхностного монтажа компонентов на печатную плату (1) добавляется несколько слоев препрега и слой стеклотекстолита, в которых произведены отверстия под компоненты (2-3), после чего под действием давления и температуры происходит ламинирование этой структуры (4).

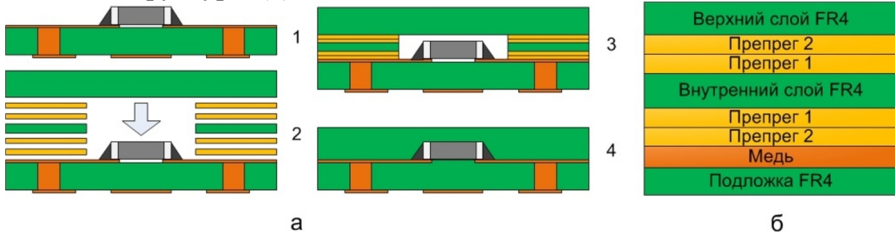


Рисунок 1 – Технологический процесс создания встроенных компонентов: схематическое изображение (а) и состав внутренних слоев перед процессом ламинирования (б).

Было показано, что важной проблемой является выбор правильных параметров процесса. Наряду с профилем температуры и давления при ламинировании, важными параметрами являются толщина, количество слоев препрега, а так же размер отверстия. Неправильный выбор этих параметров может привести к вдавливанию компонентов в посадочное место либо же к сдвигу внутренних слоев и, соответственно, повлиять на надежность и свойства компонента.

Руководитель: Цыганок Б.А., проф.

Розрядні параметри та імпеданс джерел струму $\text{Li/Cu}_4\text{Bi}_5\text{S}_{10}$

Ковалюк З.Д., кер. від-ня; Мінтянський І.В., старш. наук. співроб.;
Савицький П.І., старш. наук. співроб.

Чернівецьке відділення інституту проблем матеріалознавства
НАН України, м. Чернівці

Хоча лігієві джерела струму мають високу ємність у порівнянні із традиційними електрохімічними системами, їх значним недоліком є низькі допустимі струмові навантаження, тому пошук нових високопрорвідних катодних матеріалів залишається актуальним. Відомо, що перспективними в цьому плані є багатокомпонентні сполуки на основі халькогенідів вісмуту, наприклад CuBiSe_2 та CuBiSeS . У роботі представлені результати дослідження розрядних характеристик та імпедансних спектрів півторавольтових джерел струму на основі $\text{Li/Cu}_4\text{Bi}_5\text{S}_{10}$.

Досліди виконано на елементах стандартного типорозміру «2325». Пористі електроди (відносний об'єм пор – 20 %) формувалися по порошковій технології з дрібнодисперсного матеріалу ($d < 75$ мкм). Як електроліт використано 1 М розчин LiBF_4 в γ -бутиролактоні. Отримана розрядна ємність елементів при струмі 1 мА становить ≈ 315 мА·год і на 25÷35 % більша, ніж для близьких аналогів Li/CuBiSe_2 , Li/CuBiSeS та $\text{Li/Bi}_2\text{Se}_3$.

Виміряні при різних глибинах розряду імпедансні спектри (криві Найквіста) досліджуваних джерел струму мають форму одного або двох деформованих напівкіл. Діаметр високочастотного напівкола і загальний імпеданс зростають з глибиною розряду. Прямолінійна дифузійна ділянка в області найменших частот відсутня. Отримані спектри проаналізовано за допомогою стандартної комплексної програми *ZSimpWin* 3.21.

Спектри рентгенівської дифракції розрядженого матеріалу вказують, що продуктами реакції є такі фази: Bi , Cu , Li_2S та Li_3Bi . Запропоновано механізм струмотворчої реакції та еквівалентну схему для системи $\text{Li/Cu}_4\text{Bi}_5\text{S}_{10}$, визначено коефіцієнти, які характеризують електродні реакції та інтерфейси.

Аналіз похибок оптико-електронного засобу вимірювання вологості газів

Білинський Й.Й., проф.; Іоніна К.Ю., асп.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Вимірювання вологості газів та їх сумішей, зокрема повітря, є важливою технологічною задачею. З метою визначення параметрів засобів вимірювання необхідно проводити аналіз похибок вимірювання з метою їх зменшення та компенсування [1]. Для вимірювання вологості газу запропоновано оптико-електронний засіб на основі багаторазового внутрішнього відбиття, що містить випромінювач, оптичну систему, яка складається з системи фокусування, пристроїв введення та виведення випромінювання, а також чутливий елемент (світловод), багатоелементний фотоприймальний пристрій, сенсор температури, термоелектричний охолоджувач, мікроконтролер та індикатор [2].

Основні похибки, що виникають під час вимірювального перетворення, за місцем появи можна поділити на наступні: похибки сенсора температури, встановлення положення й розмірів світлового потоку, виділення ширини спектрального інтервалу світлодіода та перетворення приймача випромінювання, які вказуються виробником, похибки аналого-цифрового перетворення, інші похибки різноманітного походження та дестабілізуючі фактори середовища. До методичних похибок відносяться: похибка математичної моделі проходження світлового променя по світловоду; похибка через неврахування ймовірної нерівномірності послаблення променя в світловоді внаслідок включень в структурі матеріалу світловода; похибка розподілу температури по товщині світловода; похибка через відхилення пучка променів світла від гомоцентричності. Випадкові похибки під час вимірювання виникають з ряду причин, а саме: зміни показника заломлення повітря внаслідок появи додаткових домішок, можливої зміни напруги живлення, різкої зміни зовнішньої температури та тиску досліджуваного об'єкта та інші [1, 2].

1. М.А. Берлинер, *Измерения влажности* (Москва: Энергия: 1973).
2. Й.Й. Білинський, К.Ю. Іоніна, *Вісник ВПТ*. №3, 2012.

Датчик влажности сыпучих материалов на основе коаксиального резонаторного измерительного преобразователя

Полетаев Д.А., ст. преп., Баша К.А., студ.
Таврический национальный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь

Основным функциональным узлом СВЧ влагомеров является датчик, основой которого является коаксиальный резонаторный измерительный преобразователь (КРИП) [1]. Кроме КРИП, в составе датчика входит источник электромагнитных волн, устройство выделения информационных сигналов (добротности и частоты КРИП). Представляется целесообразным проанализировать возможность построения датчика влажности, использующего современные достижения микроэлектронной промышленности.

Целью работы является анализ компонентной базы и построение датчика влажности сыпучих материалов на основе КРИП.

Общая схема датчика содержит генератор качающейся частоты (ГКЧ), КРИП, петлю возбуждения, петлю детектора, детектор, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), микропроцессор.

В качестве ГКЧ целесообразно использовать генератор, управляемый напряжением ADF4360-7 (от компании Analog devices), который позволяет программно задавать частоту и мощность электромагнитного колебания на выходе.

Электромагнитное поле КРИП взаимодействует с исследуемой пробой материала. Электрофизические параметры изменяют информационные сигналы резонаторного преобразователя. Микропроцессор, подавая сигнал на ГКЧ, качает частоту в диапазоне частот, определяемый размерами КРИП и выбранным частотным диапазоном. СВЧ энергия от ГКЧ, посредством петли возбуждения, возбуждает КРИП. Часть энергии поступает на детектор. С детектора, сигнал поступает на АЦП. АЦП передаёт значение сигнала в микропроцессор. Микропроцессор проводит расчет информационных сигналов КРИП и передает их для дальнейшей обработки внешним устройствам.

1. L. Chen, C. Ong, et. al, *Microwave electronics measurement and materials characterization* (New York: John Wiley & Sons Ltd: 2004).

Модель для расчета теплового режима кристалла светодиода

Романова И.И., асп.
НТУУ «КПИ», Киев

С каждым днем полупроводниковые источники света (светодиоды) находят новые области применения. Они широко используются в промышленной и бытовой электронике, военной технике, авиации и т.д. Широкое применение светоизлучающих структур приводит к различным условиям их эксплуатации и, в частности, – температурам. Однако влияние температуры на деградацию параметров светодиодов, их долговечность и стабильность мало изучено [1, 2], что требует разработки новых моделей светодиодов с учетом их рабочей температуры.

Предложена модель светодиода для расчета температуры кристалла и ожидаемого реального срока службы, в зависимости от условий эксплуатации: номинальных, рабочих и тепловых [3]. К номинальным параметрам отнесен номинальный срок службы, к рабочим параметрам – рабочий ток, рабочее падение напряжения и максимальная температура окружающего воздуха, а к тепловым – тепловое сопротивление кристалл-корпус и тепловое сопротивление корпус-атмосфера (зависит от типа корпуса и варианта установки). Проведен расчет теплового режима с помощью модели в среде MathCad.

Результаты моделирования могут быть использованы для оценки и улучшения характеристик светодиода, проектируемого путем увеличения отвода тепла от кристалла, с помощью применения специальных технологий монтажа, а также увеличения срока службы светодиода, путем управления рабочим током.

Руководитель: Руденко Н.Н., проф.

1. С.В. Никифоров, *Компоненты и технологи* No 9, 140 (2005).
2. А.Д. Давидов, *Анализ и расчет тепловых режимов полупроводниковых приборов* (М.: Энергия: 1967).
3. И.И. Романова, *Проблеми інформатики і моделювання*, 23 (2010).

Пристрій електронної розвідки з дистанційним керуванням

Ластовець С.О., студ.

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ

З нинішнім розвитком інформаційних технологій, знайшли широке застосування пристрої, які не потребують присутності людини на місці, де необхідно провести різного роду розвідувальні роботи. Наприклад, до таких робіт можна віднести: місця з підвищеною концентрацією шкідливих речовин, місця важкодоступні для людини, або місця де людині категорично не можна знаходитись. На сьогоднішній день існують безпілотні розвідувальні пристрої, які використовують для огляду тих місць, де немає можливості дістатись наземним способом.

Представлений пристрій електронної розвідки розміщений на пересувній платформі, на основі якої встановлений блок її управління, бездротова камера для передачі зображення в режимі реального часу [1]. Корпус платформи виготовлений з алюмінію. Всі 4 колеса приводять в рух електромотори загальною потужністю 7,2 Вт. Передача зображення на ПК здійснюється по радіо каналу частотою 2.4 ГГц. Камера може переміщуватись в горизонтальній і вертикальній площинах. Керування пристроєм здійснюється за допомогою дистанційного пульта керування на частоті 433 МГц. Результат роботи пристрою можна побачити на моніторі ПК [2].

Подальша робота спрямована на створення штучного інтелекту пристрою, з можливістю розпізнавання об'єктів, їх фіксації та аналізу.

Керівник: Лисенко О.І., *ст. викл.*

1. Ю.В. Ревич, *Основы робототехники* (Петербург: БХВ: 2005).
2. М. Предко, *Устройства управления роботами* (Москва: ДМК Пресс: 2004).

Радіолокаційно-вихрострумний метод обробки сигналів георадарів

Абрамович А.О., студ.

НТУУ "Київський політехнічний інститут", м. Київ

Відома значна кількість конструкцій металодетекторів (найпоширенішого різновиду георадарів), які мають різне призначення. Всі вони поділяються на три основні типи за принципом дії (передача-прийом, генератор биття частот, імпульсна індукція) і мають різну схемотехніку, що пояснює наявність на ринку багатьох моделей від різних фірм-виробників [1].

Саме принципом дії визначається призначення металодетекторів: для пошуку чорних металів (наприклад, розмінування) та кольорових (археологічні, геологічні розвідки та ін.). При цьому, селекція кольорових металів (мідь, золото, срібло, тощо) ними не здійснюється і тому неможливо проводити пошук конкретного металу.

Все це разом обумовило мету даної роботи. Для цього було створено "Комплекс для дослідження функціональних вузлів металодетекторів", який забезпечив можливість ефективно досліджувати різноманітні фізичні процеси, та в підсумку, сформувати теоретичні засади нового гібридного методу.

Радіолокаційна обробка парціальних імпульсів дозволяє наперед знати втрати сигналів при поширенні їх із втратами у неоднорідному середовищі та випадковим розподілом параметрів. Використання методу вихрострумів дозволяє розрахувати значення внесеної напруги у залежності від провідності металу у приймальну антену.

Поеднавши вказані два різні методи обробки прийнятого сигналу, теоретично вдалось довести, що можна з високою вірогідністю розрізняти кольорові метали, які знаходяться в ґрунті, що має перспективу практичного використання в різних галузях.

1. А.О. Абрамович, С.М. Дяченко, *Вісник НТУ "КПІ" Серія - Радіотехніка. Радіоапаратобудування* **46**, 186 (2011).

СЕКЦІЯ 6

«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

Особливості моделювання систем електропостачання

Автори: Ноздренков В. С., доц.; Іванов О.О., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Розрахунок потокорозподілу електричної мережі, а саме можливість гнучкого контролю перемикачів трансформатора, перетоків потужності, ввімкнутих шунтів, та генерування реактивної потужності генератора – є дуже важливим для електроенергетичної системи [1].

Розрахунок симетричних та несиметричних коротких замикань полягає в моделюванні симетричних та асиметричних відключень струмів КЗ, для заданого часу спрацювання вимикача, враховуючи внутрішні ефекти затухання магнітного потоку, моделюванні систем з ізолюваною нейтраллю.

Розрахунок динамічної стійкості, який включає довгострокове динамічне моделювання, розрахунок статичної стійкості мережі.

Довгострокове динамічне моделювання. Якщо ми будемо розглядати динаміку системи за межами декількох секунд, інші процеси будуть впливати на систему, наприклад: тенденція навантаження виявляє постійні характеристики через дію РПН трансформатора, або дію приладів контролю навантаження, автоматичні комутації реакторів або компенсаторів, зміну потужності первинного приводу генераторів через роботу приладів РЗА або автоматичного контролю генерації.

Аналіз пропускну здатності включає такі пункти:

- розрахунок та відображення точки падіння напруги на шинах в електричній мережі;
- дослідження максимальної пропускну можливості між шинами, при зниженні напруги;
- розрахунок параметрів реактивних компенсаторів необхідних на відповідних шинах, для попередження значного провалу напруги;

1. В.П. Строгалева, И.О. Толкачева, *Имитационное моделирование* (Москва: МГТУ им. Баумана: 2008).

Досвід та перспективи використання реклоузерів

Василега П.О., доц.; Муріков Д.В., доц.;

Шведченко В.Ф., студ.

Сумський державний університет, м. Суми

Як показують дослідження, 80-90 % пошкоджень в повітряних лініях електропередачі розподільних мережах 6-10 кВ є нестійкими і самоусуваються на протязі короткого проміжку часу. Однак, при використанні традиційних схем і комутаційних апаратів кожне із таких пошкоджень приводить до вимкнення всієї або значної частини розподільної мережі, потребує, як правило, виїзду оперативного персоналу для уточнення виду пошкодження, виконання чисельних ручних переключень, локалізації пошкодженої ділянки та забезпечення резервного живлення для непошкоджених ділянок. Все це потребує часу і зменшує надійність електропостачання, призводить до недоотримання електроенергії споживачами, що підключені як до пошкодженої, так і непошкоджених ділянок.

Ефективним засобом усунення такого недоліку є реклоузер - інтелектуальний електричний апарат, що працює як автономний пристрій і використовується для автоматичного вимкнення і повторного вмикання лінії по попередньо заданій послідовності циклів вимикання та повторного вмикання з наступним поверненням функції автоматичного повторного вмикання (АПВ) в початковий стан, збереженням ввімкненого положення або блокуванням в вимкненому положенні.

Проведений аналіз вітчизняного та закордонного досвіду використання реклоузерів дозволив визначити найбільш раціональні поєднання алгоритмів секціонування в розподільних мережах як з одностороннім, так і з двостороннім живленням, а також найбільш оптимальні алгоритми розбирання та збирання таких мереж.

Визначені основні фактори, що впливають на економічну доцільність використання реклоузерів: рівень середніх витрат на поновлення одного стійкого пошкодження, питома кількість пошкоджень, довжина лінії, вид комутаційного обладнання, питомі втрати від недоотримання електричної енергії споживачами, витрати на обслуговування лінійного обладнання тощо.

Методы улучшения качества электрической энергии

Лебединский И.Л. *доц.*; Романовский В.И., *д-рант*;
Качан М.В., *асп.*

Сумский государственный университет, г. Сумы

В современных электрических сетях постоянно возрастает количество электрических аппаратов с нелинейными вольт-амперными характеристиками. Такие аппараты создают перетоки реактивной мощности в системе и вызывают несинусоидальность токов и напряжений в сети, что приводит к увеличению потерь в линиях электропередач и трансформаторах, повреждениям конденсаторных батарей, к увеличению токов нейтрального провода и к снижению коэффициента мощности. В то же время, широкое распространение чувствительных нагрузок в виде цифровой электроники и сложных контроллеров, требует чистого синусоидального напряжения питания для надежного управления и работы такой нагрузки. В результате возникает актуальная как для энергоснабжающих организаций, так и для потребителей задача эффективного уменьшения гармоник тока и напряжения в сети.

Для компенсации гармоник могут использоваться пассивные фильтры, безусловным преимуществом которых является их низкая стоимость. Недостатком таких устройств является их ориентация на конкретные параметры линий, источников энергии и потребителей, которые могут быть очень непредсказуемыми. Поэтому в современных условиях все большее применение находят активные фильтры. Их преимуществом является возможность одновременного регулирования нескольких параметров качества электрической энергии и меньшая зависимость от параметров распределительной сети, в которой они устанавливаются. Недостатком активных фильтров является их высокая стоимость.

Принцип работы активных фильтров заключается в том, что активный фильтр измеряет параметры электроэнергии, которая проходит через точку присоединения фильтра. Затем происходит сравнение входящих сигналов с эталонными и генерирование корректирующих сигналов.

1. P. Annapandi, M. Rajaram, *IJEST* 4, No7, 3075 (2012).

Розрахунок впливу несиметричних режимів роботи розподільних мереж 0,38 кВ на якість електропостачання

Романовський В.І., *д-рант*; Макуха Д.М., *ст. лаборант*
Сумський державний університет, м. Суми

В сучасних мережах 0,38 кВ істотною є несиметрія напруг у електричній мережі. Окрім характеристик споживачів, причиною несиметрії є також неповнофазні режими, які виникають при обриві проводів, незамиканні контактів вимикача. Несиметрія напруги викликає зменшення надійності та ефективності роботи електрообладнання та електроприймачів.

Класична методика розрахунку впливу несиметричності режимів роботи розподільних мереж на показники якості електричної енергії та на якість електропостачання не дає можливості реально визначити та компенсувати неякісність електричної енергії в розподільних мережах.

Пропонується ввести таку характеристику несиметричних режимів роботи трифазних електричних систем як комплексна повна та пульсуюча потужності

$$\underline{S} = 3 \left(\dot{U}_1^* I_1 + \dot{U}_2^* I_2 + \dot{U}_0^* I_0 \right) \quad (1)$$

$$\underline{N} = 3 (\dot{U}_1 I_2 + \dot{U}_2 I_1 + \dot{U}_0 I_0) \quad (2)$$

де $U_1, U_2, U_0, I_1, I_2, I_0$ – комплексні напруги та струми відповідно прямої, зворотної та нульової послідовностей.

Комплексна повна потужність \underline{S} відображає споживання електричної енергії, а комплексна пульсуюча потужність \underline{N} інтегрально характеризує несиметрію та невірноваженість трифазної системи. Вимірювання цих потужностей можливо за допомогою стробувального та інтегрувального перетворень, що дозволить суттєво підвищити швидкодію вимірювальних перетворювачів при побудові пристроїв динамічної компенсації реактивної потужності, пристроїв релейного захисту від несиметричних коротких замикань.

1. Ю.Н. Веприк, *Вестник «ХПИ»* **1**, 48 (2010).

Удосконалення електропривода

Муріков Д.В., доц.; Василега П.О., доц.;
Ткаченко Я.С., студ.; Ткаченко В.А., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Удосконалення відомого електропривода шляхом конструктивних змін регульованого інтегруючого блоку, щоб підвищити в такий спосіб надійність конструкції в цілому.

Поставлене завдання вирішується тим, що у відомому електроприводі, що містить послідовно з'єднані елемент порівняння, вхід якого є входом самого електропривода; регулятор швидкості; електродвигун; виконавчий механізм, що зв'язаний з датчиком навантаження; регульований інтегровальний блок; два регульованих порогових пристрої; два підсилювачі, де вихід другого із них з'єднаний із віднімальним входом елемента порівняння, а вхід першого регульованого порогового пристрою - з виходом навантаження, відповідно до корисної моделі, у регульований інтегровальний блок введена інерційна ланка у вигляді конденсатора й розрядного опору. Крім того, розрядний опір має симетричну вольт-амперну характеристику і підключений паралельно конденсатору.

Використання всіх істотних ознак корисної моделі, включаючи відмітні, дозволяє враховувати інтенсивність будь-якого виду навантаження на виконавчий механізм (навіть короткочасних високого рівня), одержуючи при цьому величину напруги на конденсаторі, яка залежить не тільки від величини вхідного сигналу, але й від його частоти, за рахунок стабілізації розрядного струму конденсатора. Таким чином, електропривод не реагує на окремі сплески навантаження високого рівня, у результаті чого запобігає реакції на ці сплески як окремих вузлів агрегату, так і пристрою в цілому, що підвищує його надійність в експлуатації й розширює область його застосування.

Таким чином, запропонований електропривод при будь-якій інтенсивності навантаження на виконавчому механізмі вчасно формує коригувальний сигнал для регулювання швидкості електродвигуна залежно від інтенсивності навантаження на виконавчому механізмі. У той же час електропривод не реагує на окремі сплески навантаження вищого рівня, які не загрожують надійності агрегату й окремих вузлів.

Осветительное устройство модульного типа

Полетаев Д.А., *ст. преп.*; Бахов В.А., *инженер*;
Соколенко Б.В., *асп.*

Таврический национальный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь

Подсветка офисных, бытовых помещений, фасадов зданий, создание ярких рекламных вывесок сегодня базируется не только на принципах энергосбережения, но и на авторских, дизайнерских разработках [1]. За индивидуальное решение всегда приходится платить значительно больше, чем за массовый продукт. Кроме того, техническая реализация сложной многоцветной рекламной вывески может занять длительное время. Технологии стремятся к большей унификации и стандартизации, что достигается путем придания им модульной структуры.

Целью работы является разработка модульного осветительного устройства, которое способно в сочетании с аналогичными элементами, согласно заданной конфигурации выводить полезную информацию, создавать локальные цветовые зоны, служить источником освещения.

Конструкция состоит из базового блока – модуля, содержащего набор источников света (красный, синий и зеленый) и устройства управления. Модуль способен соединяться с другими модулями в уникальную композицию и имеет с ними общую шину данных и питания. Общий блок управления, по шине управления, обладает возможностью включать и выключать каждый источник света каждого модуля, изменять их яркость.

Так, пользователь, закупив требуемое ему количество модулей, может самостоятельно, без специальных навыков, как из кубиков, создавать световые дизайнерские композиции: буквенно-цифровые вывески, индивидуальные устройства освещения, элементы декора и подсветки.

На разработанное устройство подана патентная заявка и получено положительное решение о выдаче.

1. Р.К. Элсенпитер, Т.Д. Велт, *Умный дом строим сами* (М.: Кудиц-Образ: 2005).

Расчёт и построение зоны грозозащиты объекта при помощи ЭВМ

Петровский М.В., доц.; Герасименко А.И., студ.
Сумский государственный университет, г. Сумы

В виду необходимости обеспечения надежной защиты объектов электроэнергетики и промышленности от атмосферных перенапряжений, их грозозащита осуществляется с применением стержневых и тросовых молниеотводов. Зоны защиты таких молниеотводов имеют различную форму в зависимости от соотношений их параметров (надежности защиты, высот, расстояний между ними). В этом плане, целесообразным является использование специального программного обеспечения, разработка которого представляет собой актуальную задачу.

Целью данного исследования является разработка программы для расчёта и визуализации зоны грозозащиты объекта согласно требованиям РД [1] и ДСТУ [2].

Разработанная программа `LightingProtectionZone` позволяет производить расчёт параметров и графическое построение зоны грозозащиты объекта произвольной формы на различных высотах с применением методик расчета, приведенных в [1, 2]. Исходными данными к расчёту являются координаты молниеотводов, их высоты, методика расчёта и степень надёжности защиты. В результате выполнения программы формируется изображение с контурами объекта, молниеотводов и их зонами защиты на выбранной высоте. В отдельном диалоговом окне приводятся расчетные параметры зон защиты молниеотводов, которые выводятся в виде таблиц.

Созданная программа позволяет упростить расчёты по устройству грозозащиты объектов согласно требованиям РД и ДСТУ, путём применения ЭВМ, а также представляет защищаемую зону в удобном для восприятия графическом виде. Программа может быть использована как при проектировании грозозащиты объекта, так и для проверки существующей системы.

1. РД 34.21.122-87 «*Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений*».
2. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «*Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд*».

Метод розрахунку параметрів електромагнітного поля лінії електропередач

Волохін В.В., доц.; Скотаренко М.А., студ.
Сумський державний університет, м. Суми

Відомо, що процеси передачі і розподілу електричної енергії супроводжуються виникненням поблизу елементів енергосистем електричних і магнітних полів, з якими найчастіше безпосередньо контактує людина. Небезпека таких контактів підтверджується санітарно-гігієнічним нормуванням полів - встановленням граничнодопустимих рівнів на електричні і магнітні поля промислової частоти, як для населення, так і для виробничих умов. Крім цього втрати електричної енергії, що виникають в повітряній лінії електропередач (ПЛЕП), залежать від втрат на корону, котрі залежать від напруженості електричного поля в безпосередній близькості від проводу. Для вирішення цих та ряду інших проблем необхідно як найточніше визначати параметри ЕМП, зокрема, напруженість електричного поля.

Метою роботи є створення методу розрахунку параметрів електромагнітного поля повітряних ліній електропередач в залежності від її геометричних величин, що дозволяє зменшити величину електромагнітного поля на поверхні землі безпосередньо під ПЛЕП шляхом більш точного розрахунку стріли провису.

Зрозумілим є те, що найбільш точні результати розрахунків параметрів електромагнітного поля (ЕМП), створюваних ПЛЕП, можуть бути отримані саме на етапі проектування ПЛЕП, але такі розрахунки на ньому не проводяться, оскільки пов'язані з великим об'ємом обчислень і відсутністю затверджених методик. В роботі пропонується метод розрахунку напруженості електричного поля (ЕП), що враховує провисання проводів і тросів, без знання параметрів стріли провисання, тому цю методику можна використовувати, як для вже існуючих ПЛЕП, так і для тих, що проектуються.

1. Г.Н. Александрова, Л.Л. Петерсона, *Проектирование линий электропередачи сверхвысокого напряжения* (Ленинград: Просвещение: 1983).

Вибір вітроенергетичної установки для живлення електроенергією машинобудівного корпусу СумДУ

Дяговченко І.М., студ.; Лебедка С.М., асист.
Сумський державний університет, м. Суми

Метою роботи є встановлення параметрів вітроенергетичної установки (ВЕУ) для живлення машинобудівного корпусу СумДУ.

Виконано розрахунок навантажень споживачів електроенергії, отримано загальну середньодобову потужність змінного струму, що складає близько 25 кВт.

За даними Сумської метеорологічної станції отримані параметри вітру: частка вітрів, придатних для потреб вітроенергетики по місяцях року, середні швидкості вітру по місяцях, повторюваності напрямку вітру по румбах, прогноз вітрової активності.

Визначено необхідну потужність ВЕУ з урахуванням можливих перевантажень та збільшення потужності споживачів. В роботі розрахована швидкість вітру, яка залежить від висоти, при цьому відомі значення швидкості вітру на вихідній висоті.

В результаті було обрано 2 вітрогенератори з номінальною потужністю 10 кВт та 20 кВт: EuroWind 10 (початкова швидкість вітру – 2 м/с, продуктивність – 900-13000 Вт, напруга – 240 В, максимальна сила струму – 54,2 А) та EuroWind 20 (початкова швидкість вітру – 2 м/с, продуктивність генератора – 1800-26500 Вт, напруга – 360 В, максимальна сила струму – 73,6 А), сумарна потужність яких складе 30 кВт. При цьому обидва ці генератори починають віддавати енергію в мережу вже при швидкості вітру 2 м/с.

У ході розрахунків дійшли висновку, що обрані вітрогенератори здатні забезпечити корпус електроенергією лише частково. Потужність, що виробляється ними, є недостатньою через значно менші робочі швидкості вітру, ніж номінальні для даних вітрогенераторів. Тому згенеровану ними потужність доцільно використовувати як додаткове джерело енергії, що зможе частково забезпечити електроенергією корпус.

Для живлення машинобудівного корпусу СумДУ електроенергію від ВЕУ необхідно передавати лінією електропередачі. В роботі розрахований переріз кабельної лінії за економічною щільністю струму та перевірений на мінімум провідникового матеріалу.

Тривимірне моделювання електричних полів багатоелектродних систем

Шведченко В.Ф., студ.; Федірка С.В., студ.;
Петровський М.В., доц.
Сумський державний університет, Суми

При проектуванні багатоелектродних систем найчастіше вирішується питання оптимізації розподілу електричного поля в міжелектродному просторі з метою зменшення габаритних розмірів або поліпшення експлуатаційних характеристик. Аналітичні методи розрахунку електростатичного поля застосовуються тільки при відносно простих формах електродів, тому розробка методики моделювання складних електродних систем з використанням чисельних методів є актуальною задачею.

Метою даного дослідження є розробка алгоритмів і програмна реалізація обчислювальних програм, що дозволяють для заданих геометричних параметрів системи визначати розподіл напруженості електричного поля в міжелектродному проміжку.

Для знаходження розподілу електричного поля, у координатній площині x, y, z , створюваного набором електродів, які знаходяться під заданим потенціалом, за допомогою комп'ютерної програми 3D Studio Max вони покриваються сіткою у вигляді сукупності трикутників, що охоплюють контур електродів.

У роботі описується розроблена програма «Laplas3d», що дозволяє моделювати розподіл електричного поля, на основі даних отриманих від 3D Studio Max. Програма реалізує метод зарядової щільності. Вона дозволяє робити розрахунок розподілу зарядів на електродах, що відповідають заданим потенціалам. Отриманий розподіл зарядів використовується для розрахунку потенціалу в просторі, що оточує електроди. На відміну від методів кінцевих різниць і кінцевих елементів, які використовуються в переважній більшості програм, метод зарядової щільності дозволяє розрахувати потенціал у будь-якій точці просто на основі принципу суперпозиції, не вдаючись до використання складних розрахункових сіток. Наведено результати використання програми для моделювання електричних полів у багатоелектродних системах сферичної та циліндричної форми.

Розрахунок параметрів фільтрокомпенсуючих пристроїв для підвищення якості електричної енергії

Вольвач Р.С., студ.; Антощенко Ю.В., студ.;
Лебедка С.М., асист.
Сумський державний університет, м. Суми

Для підвищення якості електричної енергії та компенсації реактивної потужності в мережах з нелінійним та різкозмінним навантаженням застосовують фільтрокомпенсуючі пристрої (ФКП) прямої або непрямої компенсації, що складаються з фільтрів для зменшення рівнів вищих гармонік, в яких ємність конденсатора служить для компенсації реактивної потужності.

До таких приймачів відносять, зокрема, дугові печі (ДП), що широко застосовують на металургійних підприємствах.

Принцип роботи ФКП непрямої компенсації полягає в тому, що реактор, керований тиристорами, споживає реактивну потужність в протифазі з ДП. Регулювання реактора повинно проводитися так, щоб здійснювалося стеження за фронтом накиду і скидання реактивної потужності ДП.

В роботі вибрано параметри ФКП непрямої компенсації для ДП. Для визначення потужності реактора розрахований максимальний розмах коливання напруги на шинах джерела живлення, коефіцієнт зменшення коливань, коефіцієнт компенсації реактивної потужності.

Визначена потужність статичної ланки ФКП, що складається з фільтрів вищих гармонік. На підставі спектрального складу струмів, що генеруються ДП, визначається кількість фільтрів вищих гармонік.

Досвід експлуатації ФКП показав, що для зниження рівнів вищих гармонік достатня установка трьох фільтрів: фільтри на третю і четверту гармоніки налаштовані на резонансні частоти, а фільтр на другу гармоніку є ширококутовим фільтром, що має малий опір широкому спектру гармонік. Це дозволяє скоротити кількість фільтрів у ФКП і знизити в них втрати електроенергії.

Розрахована потужність батарей конденсаторів у кожному фільтрі, що залежить від схеми з'єднання конденсаторів, значення струму, що протікає через фільтр, напруги.

Після вибору параметрів всіх трьох фільтрів проведена перевірка залишкових напруг всіх гармонік.

СЕКЦІЯ 7

«ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ І ЗАСОБИ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ»

Алгоритм счета чисел Фибоначчи

Борисенко А.А., *проф.*; Маценко С.М., *асп.*;
Сиряченко В. В. *студ.*

Сумский государственный университет, г. Сумы

Код Фибоначчи относится к классу неразделимых кодов, обнаруживающих ошибки, комбинации которых представляют числа фибоначиевой системы счисления. Ранее с помощью фибоначиевых чисел были построены суммирующие помехоустойчивые счетчики [1]. Однако они оказались достаточно сложными и не обладающими требуемым быстродействием. Ниже предлагается более простой и эффективный алгоритм суммирующего счета, лишенный указанных недостатков, в соответствии с которым был реализован помехоустойчивый фибоначиевый счетчик [2].

1. При счете справа налево в младший разряд из двух подряд стоящих разрядов фибоначиевого числа, содержащих нули, записывается 1.

2. Все разряды кодовой комбинации, стоящие справа от последней единицы, обнуляются.

3. Первый и второй пункт повторяются до получения максимального числа Фибоначчи, которым является число, не содержащее двух подряд стоящих нулей [2].

4. Если в процессе счета появятся две подряд стоящие единицы, то это будет признаком ошибки. В этом случае счет прекращается.

5. Счет начинается с кодовой комбинации содержащей нули.

В табл. 1 приведен пример последовательностей кода Фибоначчи.

Таблица 1 – Последовательности кода Фибоначчи.

№	F_n	№	F_n	№	F_n	№	F_n
0	00000	4	00101	8	10000	12	10101
1	00001	5	01000	9	10001		
2	00010	6	01001	10	10010		
3	00100	7	01010	11	10100		

1. *Счетчик импульсов в p-кодах Фибоначчи.* А.с. № 1379940
А.П. Стахов, В.А. Лужецкий, А.И. Черяк, А.Е. Андреев, 1987.

2. А.А. Борисенко, А.П. Стахов, С.М. Маценко, В. В. Сиряченко,
Вісник СумДУ. Серія «Технічні науки» No3, 165 (2012).

Биномиальное сжатие индексов в базах данных

Костель С.В., ассист.; Саган А.Ю., студ.
Сумский государственный университет, м. Сумы

Среди современных баз данных (БД) наибольшее распространение получили реляционные БД, информация в которых храниться в структурах табличного типа. [1] Для ускорения доступа к данным используется индексация в виде битовых карт (bitmap), позволяющая выполнять быстрый поиск строк по значениям отдельных атрибутов. Каждому индексируемому атрибуту ставится в соответствие битовый вектор. Номера единичных битов вектора соответствуют номерам строк, содержащих данный атрибут. Множество битовых векторов каждого из атрибутов составляет битовую карту. При большой мощности индексируемых атрибутов актуальной становится задача сжатия битовых карт с возможностью произвольного доступа при декодировании.

Для сжатия битовых карт предлагается использовать метод биномиального нумерационного сжатия информации (БНС) [2]. Реализация данного метода для сжатия индексов БД будет иметь вид:

- Индексируемые структуры разбиваются на страницы, содержащие ограниченное число n строк.
- В рамках одной страницы для каждого индексируемого атрибута подсчитывается число k единиц в битовом векторе.
- Битовые вектора сжимаются о методу БНС.
- В сжатый массив индексов записываются значения атрибутов и наборы сжатых постранично битовых векторов.

Предлагаемый метод биномиального нумерационного сжатия битовых карт обладает достаточно высокой степенью сжатия при приемлемом уровне аппаратно-программных затрат. Кроме того, метод БНС предоставляет возможность проводить выборку по заданным атрибутам, выполнять постраничный просмотр, поиск и считывание определенной страницы в сжатом виде.

1. Г.П. Токмаков, *Базы данных. Концепция баз данных, реляционная модель данных, языки SQL и XML* (Ульяновск: УлГТУ: 2010).
2. И.А. Кулик, С.В. Костель, *АСУ и приборы автоматике*. No149, 66 (2009).

Перетворення двійкових чисел в біноміальні

Борисенко О.А., проф.; Іванчук О.В., асп.;

Чередниченко К.Е., студ.

Сумський державний університет, г. Суми

На практиці виникає задача перетворення двійкових чисел в біноміальні з метою завадостійкого кодування інформації або її стиснення [1]. Біноміальні числа – це особливий клас чисел, що використовує в своїй основі біноміальну систему числення, яка дозволяє їх генерувати і нумерувати і, крім того, є завадостійкою [1]. Для цих чисел характерною умовою є наявність числа одиниць не більшого заданої величини k та числа нулів не більшого ніж $n - k - 1$ до першої праворуч одиниці, де k – допустима кількість одиниць в числі, а n - збільшена на 1 довжина числа. Наприклад, біноміальними п'яти розрядними числами будуть комбінації 01000 або 01100, при $n = 6$ і $k = 4$. Число 00100 вже є забороненим, тобто помилковим.

Метод перетворення двійкового числа в біноміальне використовує дві лічби, одна з яких працює у двійковій системі числення, а друга – в біноміальній. Обидві лічби працюють синхронно. Під час кожного такту лічби двійкове число, що перетворюється, порівнюється з числом, яке отримано в цей час. У разі рівності цих чисел, лічба припиняється, а результат біноміальної лічби надає потрібний результат.

Даний метод перетворення двійкових чисел в біноміальні числа дає можливість простої і гнучкої реалізації відповідних алгоритмів, які можна реалізувати як в програмному, так і в апаратному вигляді. При цьому апаратна реалізація буде перешкодостійка і більш швидкодіюча в порівнянні з програмною реалізацією. Для її побудови потрібні двійковий і біноміальний лічильники, регістр, де зберігається двійкове число, що перетворюється в біноміальне, і схема порівняння. Крім того, потрібна ще схема керування наведеними вище схемами. В сукупності, при правильному з'єднанні, ці схеми створюють перетворювач двійкових чисел в біноміальні числа.

1. Борисенко А.А. *Биномиальный счет и счетчики: монография* (Сумы: Изд-во СумГУ: 2008).

Коды на перестановках в телекоммуникационных сетях

Борисенко А.А., *проф.*; Горячев А.Е., *ассист.*;
Полковников С.И., *студ.*
Сумский государственный университет, г. Сумы

С ростом объемов передаваемой в телекоммуникационных сетях информации важной задачей является обеспечение ее высокой достоверности. Одним из подходов к решению этой задачи является применение помехоустойчивых кодов, которые могут обнаруживать и при необходимости исправлять ошибки. Важным требованием им является простота их алгоритмов кодирования и декодирования. К таким кодам относятся коды на перестановках [1].

В основе предложенных в [2] методов обнаружения и исправления ошибок в перестановках лежат следующие их свойства:

Свойство 1. Сумма элементов перестановки длины n $S = n \cdot (n - 1) / 2$.

Свойство 2. Среди элементов перестановки не может быть два таких p_j и p_i , ($j, i = 1, 2, \dots, n, j \neq i$), что $p_j = p_i$.

Свойство 3. Минимальное количество информации, требуемое для кодирования перестановки, равно $\log_2 n!$ бит.

Свойство 4. Количество информации, требуемое для кодирования перестановки в универсальном коде, равно $n \cdot \log_2 n$ бит.

Свойство 5. Абсолютная избыточность информации в элементах перестановок изменяется от $i_0 = \log_2 n - \log_2 n = 0$ бит для первого элемента до $i_n = \log_2 n - \log_2 1 = \log_2 n$ бит для последнего n -го элемента.

Свойство 6. Величина абсолютной избыточности, содержащейся в перестановках, равна $I = n \cdot \log_2 n - \log_2 n!$ бит.

Свойство 7. Элементы перестановки длины n , представленные в двоичном коде, по отношению к универсальному коду содержат избыточную информацию $I_d = n \cdot \log_2 n - \log_2 n!$ бит.

Свойство 8. Значение абсолютной избыточности двоичных перестановок по отношению к перестановкам с минимальной избыточностью $I_\Sigma = n \cdot \log_2 n - \log_2 n!$ бит.

1. А.А. Борисенко, И.А. Кулик, А.Е. Горячев, *Вісник СумДУ. Техн. н.* **1**, 183 (2007).
2. А.Е. Горячев, *Вісник СумДУ. Техн. н.* **3**, 169 (2009).

Моделювання вольт-амперних характеристик сонячних елементів на основі гетеропереходів $n\text{-ZnS}/p\text{-CdTe}$ і $n\text{-CdS}/p\text{-CdTe}$

Лопатка Р.В., студ.; Бересток Т.О., асп.;

Опанасюк А.С., доц.

Сумський державний університет, м. Суми

Використання сонячної енергії сьогодні розглядається як перспективний засіб розв'язання глобальної енергетичної кризи. Серед різних способів перетворення енергії Сонця у електричну особливу увагу привертає її фотоелектричне перетворення. При цьому найбільш перспективними для створення високоефективних сонячних елементів (СЕ) вважаються прилади на основі анізотипних гетеропереходів (ГП) $n\text{-CdS}/p\text{-CdTe}$ для яких отримано ККД що складає 18,3%. Подальше підвищення ефективності таких СЕ можливе як шляхом заміни матеріалу оптичного вікна (CdS) на більш широкозонний матеріал (ZnS) так і шляхом оптимізації конструкцій фотоперетворювачів.

Метою роботи є моделювання з використанням програми SCAPS-3200 основних характеристик СЕ на основі ГП $n\text{-ZnS}/p\text{-CdTe}$ та їх порівняння з характеристиками приладів на основі багат шарової системи $n\text{-CdS}/p\text{-CdTe}$, визначення оптимальних конструктивних параметрів фотоперетворювачів нової конструкції. Моделювання проводилося в діапазоні зміни товщини поглинаючого шару CdTe $d = 0,1\text{--}5,0$ мкм та віконного шару CdS (ZnS) $d = 0,05\text{--}0,50$ мкм.

В результаті моделювання встановлені оптимальні конструктивні параметри СЕ, що забезпечують їх максимальне ККД, а саме товщина поглинаючого шару CdTe – 3-4 мкм, віконного шару – 0,05-0,10 мкм. Аналіз основних характеристик фотоперетворювачів двох конструкцій показав, що СЕ на основі ГП $n\text{-ZnS}/p\text{-CdTe}$ мають більші значення $J_{sc}=28,91$ мА/см², $U_{oc}=1,04$ В, $FF=87,61$ та $\eta=26,46$ % (для ГП $n\text{-CdS}/p\text{-CdTe}$ ці значення склали $J_{sc}=28,06$ мА/см², $U_{oc}=1,03$ В, $FF=86,30$, $\eta=25,05$ %). Порівняння результатів моделювання з параметрами реальних СЕ дозволило намітити шляхи підвищення їх економічної ефективності.

Оптичні втрати в сонячних елементах на основі гетеропереходу $n\text{-ZnS}/p\text{-CdTe}$

Кривенко І.А., студ.; Доброжан О.А., асп.;
Курбатов Д.І., наук. співроб.
Сумський державний університет, м. Суми

Сонячні елементи (СЕ) на основі гетеропереходу (ГП) $n\text{-ZnS}/p\text{-CdTe}$ є альтернативною заміною традиційному матеріалу з ГП $n\text{-CdS}/p\text{-CdTe}$. Як зазначалося в наших роботах раніше, шляхом заміни оптичного вікна CdS на тонкі шари ZnS можна досягти збільшення теоретичного значення ефективності сонячного перетворення, отримати можливість поглинання енергії фотонів в ультрафіолетовій області сонячного спектру, зменшити вартість конструкції СЕ. Але, експериментальні значення ККД СЕ на основі ГП $n\text{-ZnS}/p\text{-CdTe}$ складають приблизно 3,7 % внаслідок неузгодженості періодів кристалічної ґратки, оптичних та рекомбінаційних втрат та ін.

Метою даної роботи є визначення оптичних втрат в СЕ на основі ГП $n\text{-ZnS}/p\text{-CdTe}$.

Значення показника пропускання в залежності від коефіцієнту відбивання та поглинання в віконному та буферному шарі було визначений за формулою:

$$T(\lambda) = (1 - R_{12})(1 - R_{23})(1 - R_{34})(1 - R_{45})(e^{-\alpha_1 d_1})(e^{-\alpha_2 d_2}), \quad (1)$$

де $R_{12}, R_{23}, R_{34}, R_{45}$ – коефіцієнти відбивання на границях контактуючих матеріалів, $\alpha_1, \alpha_2, d_1, d_2$ – коефіцієнти поглинання та товщини шарів оптичного та буферного вікна СЕ відповідно.

Розрахунок коефіцієнту пропускання проводився для діапазону довжини хвилі від 300 до 900 нм. Структура сонячного елемента мала наступний вид: скло-ZnO-ZnS-CdTe. Товщини віконного шару ZnO була задана 500 нм, а товщина ZnS змінювалась від 100 нм до 350 нм. Коефіцієнт пропускання зменшувався в межах 16-33 % в залежності від довжини хвилі. Це може бути пояснено тим, що при збільшенні товщини шару ZnS збільшується коефіцієнт поглинання в ньому. Розрахунок оптичних втрат дає можливість вибрати конструкцію СЕ з мінімальними оптичними втратами шляхом вибору товщини оптичних та буферних шарів, що дозволить збільшити ефективність перетворення сонячної енергії фотоелектричними приладами.

Оценка помехоустойчивости распределителя одиночных импульсов

Борисенко А.А., *проф.*; Гутенко Д.В., *ассист.*;
Антонченко А.Н., *студ.*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Среди схем, которые часто используются при построении цифровых устройств, особое место занимают распределители одиночных импульсов, работающие в коде 1/п. Они функционируют так, что только в одном их разряде может быть 1, в остальных же разрядах в это время находятся нули. В таблице 1 в качестве примера даны все состояния пятиразрядного распределителя импульсов.

Таблица 1 – Состояния пятиразрядного распределителя импульсов.

Пор. ном.	Разряд					Пор. ном.	Разряд				
	4	3	2	1	0		4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	1	4	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	5	1	0	0	0	0

Так как распределители импульсов входят как составная часть в особо ответственные цифровые устройства, то во многих случаях от них требуется повышенная помехоустойчивость. Для этого необходимо иметь возможность обнаруживать в кодовых комбинациях распределителя ошибки. Поскольку распределитель перебирает комбинации, которые содержат только одну единицу, либо не содержат единиц вовсе, то появление комбинации, которая содержит две и больше единицы, будет свидетельствовать об ошибке.

Для обнаружения ошибок необходим в каждом разряде сумматор с разрядностью 2, число которых равно n , где n – количество разрядов распределителя импульсов. Суммарная доля обнаруживаемых ошибочных комбинаций в нем будет равна $D = 1 - (n + 1) / 2^n$. Переход разрешенной комбинации распределителя в запрещенную комбинацию свидетельствует об ошибке. Например, случайный переход комбинации 00001 в комбинацию 00011 является ошибочным.

Способ кодирования информации с внутренней синхронизацией

Шабанов М.В., *инж.*; Полетаев Д.А., *ст. преп.*
Таврический национальный университет
имени В.И. Вернадского, г. Симферополь

Сегодня существует много способов кодирования информации, отличающихся способами представления. При кодировании нужно решать весьма противоречивые задачи. Например, минимизировать ширину спектра сигнала и обеспечивать устойчивость к шумам [1]. Также желательно, чтоб поток кодированной информации содержал дополнительные элементы для синхронизации и предусматривал возможность выявления ошибки.

Целью работы является разработка высокоэффективного быстродействующего способа кодирования информации, обладающего внутренней синхронизацией, который позволяет в реальном времени выявлять ошибку при приеме сигнала.

Разработанный метод кодирования, защищенный патентом Украины [2], включает следующие операции:

Передачи. Первый бит кодируется отдельным уровнем сигнала и составляет первую комбинацию, последующие биты делятся на конечное число равных по размеру комбинаций. Каждый уровень сигнала уменьшается на некоторое количество шагов, которое на одно значение больше значения этой комбинации бит, производится сохранение текущего значения уровня, как предыдущего и происходит передача значения сигнала.

Приема. Первый сигнал задает возможные уровни сигнала, происходит расшифровка следующего сигнала в комбинацию бит, производится увеличение текущего значения сигнала, с отсчетом числа уровней, необходимых для достижения равенства с предыдущим уровнем, причем это число переходов на 1 значение больше, значения битовой комбинации.

1. В.Г. Олифер, Н.А. Олифер, *Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы* (СПб.: Питер: 2006).
2. М.В. Шабанов; Д.О. Полетаев, Пат. 76529 Україна, МПК H03M 13/00. *Спосіб кодування/декодування інформації*.

Адаптивная СПД на основе кода бауэра

Протасова Т.А., *ст. преп.*; Дьяченко А.В., *студ.*
Сумский государственный университет, г. Сумы

В качестве помехоустойчивого кода в разработанной адаптивной системе передачи данных используется инверсный код с повторением (код Бауэра) [1]. В тех случаях, когда исходная кодовая комбинация содержит четное число единиц, проверочная часть полностью повторяет информационную, если же число единиц в информационной части нечетно, то символами проверочной части являются инвертированные символы информационной части.

Для повышения достоверности передачи информации в данной СПД предлагается решающая обратная связь (РОС) с векторным переспросом [2].

Следующим шагом повышения качества передачи информации является адаптация кодирования к числу ошибок в принятом пакете [3]. Идет передача информационного пакета, декодер принимает данные и проверяет на наличие ошибок. Формируется вектор ошибки и отправляется передатчику, который подсчитывает количество запросов на повторную передачу кодовых слов. Если количество ошибок превышает половину переданных, то при формировании следующего информационного пакета в него будет внесена дополнительная избыточность путем введения бита проверки на четность в каждое из информационных слов. После чего передатчик преобразовывает кодовые сообщения в инверсный код и происходит передача. Если же количество ошибок передачи незначительное, формирование следующего пакета произойдет без введения бита четности.

1. *Кодирование информации. Двоичные коды: Справочник* (Ред. Н.Т. Березюк) (Харьков: Вища шк.: 1978).
2. В.И. Васильев *Системы связи* (Москва: Высш. шк.: 1987).
3. Ю.П. Жураковский, В.П. Полторак *Теорія інформації і кодування: Підручник* (Киев: Вища шк.: 2001).

Электронная система нормализации изображения с применением датчика на рiп-диоде

Лопатченко Б.К., доц.; Лапин А.С., студ.
Сумский государственный университет, г. Сумы

При исследовании вещества важное место занимает получение достоверного изображения его структуры и состава. Для этого на установках по ускорению частиц применяют различного типа датчики, начиная от фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) и фотодиодов с лавинным эффектом, заканчивая ченелтронами и PIN-диодами. Под воздействием окружающей среды происходит искажение результатов эксперимента, что требует применения систем нормализации изображения для нейтрализации или компенсации воздействия шумов.

ФЭУ являются наиболее распространенными средствами детектирования и позволяют получить довольно высокую чувствительность и хорошую скорость считывания. Коэффициент усиления практически без посторонних шумов и низком значении темнового тока позволяет использовать фотоэлектронный умножитель при детектировании как слабых световых сигналов, так и при коротких импульсов света.

Одним из перспективных методов обработки является применение датчиков на PIN-диоде, которые обладают низкой зарядовой емкостью. Это позволяет им работать в широком диапазоне частот при низком напряжении смещения, а при подключении кремниевых PIN-диодов к высокоскоростному предусилителю их малая общая емкость обеспечивает низкий уровень шума и высокое быстродействие. А их габариты позволяют уменьшить размер блока датчика, что позитивно сказывается на точности.

Построение системы, состоящей из датчика на PIN-диоде, блоков обработки полученных данных и нормализации исходного изображения с помощью соответствующих алгоритмов позволит получать изображение оптимальное для анализа структуры вещества, выявлять дефекты внутренней структуры решетки, неровности и искажения.

Організація прямих телевізійних трансляцій через мережу Інтернет

Крючко Е.В., асп.; Зубань Ю.А., доц.
Сумський державний університет, м. Суми

Проблема організації прямих трансляцій з віддалених від телестудії місць виникла одночасно з виникненням телебачення. Для вирішення цієї проблеми історично використовувалися спочатку радіорелейні лінії а потім супутниковий зв'язок. Обидві методики мають один спільний недолік – складність технічної реалізації. Будувати мережу релейних станцій, а тим більше запускати штучний супутник занадто дорого, а обслуговування подібних систем потребує високої кваліфікації технічного персоналу.

Враховуючи вимоги до системи телевізійних трансляцій (роздільна здатність 400 ТВЛ, максимальна затримка передачі телесигналу <1 старш., можливість мультиплексування каналів на апаратному рівні) було розроблено алгоритм передачі відео-даних через мережу Інтернет в режимі реального часу.

Розроблений алгоритм передбачає кодування телевізійного сигналу кодером H.264, синхронізацію зображення та звуку, формування інформаційних пакетів, завадостійке кодування та передача засобами мережі Інтернет. Алгоритм декодування забезпечує прийом та виправлення помилок в інформаційних пакетах без перезапиту, відтворення звукового та відеосигналу.

На основі розробленого алгоритму було реалізовано програмно-апаратний комплекс, що складається з: високоякісного відео та аудіо-АЦП та апаратного відеокодеру H.264 (rev 2.1, 1500 mB/s). Для роботи системи використано завадостійкий алгоритм на базі коду Ріда-Соломна та алгоритм передачі резервних відеокадрів та апроксимування втраченої в процесі передачі інформації.

Даний підхід дозволяє ефективно виправляти помилки, які вносить канал зв'язку, без додаткових витрат часу. В якості фізичного протоколу використано Ethernet з розімкненим канальним зворотнім зв'язком (UDP). Декодування сигналу на телестудії виконується програмно, з використанням технології Nvidia CUDA.

Описана вище система відео трансляцій була збудована й активно використовується в прямих включеннях телеканалу ТВі.

**Алгоритм преобразования биномиальных комбинаций
в квазиравновесные**

Скордина Е.М., ассист.; Радько Р.Н., студ.
Сумский государственный университет, г. Сумы

Полученные ранее в работах [1,2] теоретические результаты используются в практической реализации полученных моделей и методов, которая заключается в разработке алгоритмов преобразования равномерных биномиальных комбинаций в квазиравновесные, и в последствии на их основании предполагается аппаратная реализация в виде устройства преобразования биномиальных комбинаций в квазиравновесные. Таким образом, для практической реализации устройства необходимо разработать алгоритм его функционирования, что позволит в дальнейшем упростить его синтез.

Предлагаемый алгоритм преобразования биномиальных комбинаций в квазиравновесные основан на использовании контроля количества нулей и количества разрядов в биномиальных комбинациях и имеет следующий вид:

- 1) Подсчет числа r разрядов и подсчет $n-k+1$ нулей в комбинации.
- 2) Если количество нулей равно $n-k+1$ и r принадлежит интервалу $(n-k+1) \leq r \leq n$, то переход к следующему шагу. В противном случае, переход к шагу 4.
- 3) Установка в единицы соответствующих разрядов, начиная с $r+1$. Переход к шагу 5.
- 4) Количество разрядов $r = n$. Следовательно, комбинация остаётся без изменений. Переход к следующему шагу.
- 5) Запись полученной квазиравновесной комбинации.

Предложенный в работе алгоритм, описывает работу устройства, которое выполняет преобразование равномерных биномиальных комбинаций в квазиравновесные.

1. И.А Кулик, Е.М. Скордина, С.В. Костель, *АСУ и приоб. Автомат.* No155, 15 (2011).
2. И.А Кулик, Е.М. Скордина, С.Н. Посный, *Вестник СумГУ. Техн. н.* 1, 100 (2012).

Принципы развития программного обеспечения инфокоммуникационных систем

Арбузов В.В., *ст. преп.*; Бережная О.В., *доц.*;
Кривенко И.А., *студ.*

Сумский государственный университет, г. Сумы

Реформирование рынка электрической энергии, как в Европейском Союзе, так и в Украине, влечет за собой изменение информационных технологий и как следствие, модификацию программного обеспечения для автоматизированных систем в электроэнергетике. Поэтому одной из актуальных задач, стоящих перед разработчиками систем, является задача формирования принципов развития систем, которые минимизируют проектные риски их создания и обеспечат их востребованность и эффективность на всех стадиях изменения информационных технологий при либерализации рынка электроэнергии.

Проведенные исследования ожидаемой логики работы рынка показали, что его реформирование приведет к развитию дополнительной функциональности систем, повышению требований к достоверности и оперативности предоставления данных, к уменьшению влияния человеческого фактора на результаты работы систем и к повышению уровня автоматизации всех бизнес-процессов при осуществлении коммерческого учета электроэнергии.

Для того, чтобы обеспечить возрастающую функциональность без потери работоспособности системы, а также для того, чтобы владелец системы мог приобретать услуги по развитию, сопровождению и обслуживанию системы на конкурентном рынке услуг необходимо при построении архитектуры программного обеспечения применить основные принципы, характерные для развиваемых систем, такие как:

- модульность, когда каждый модуль отвечает за решение крупной технологической задачи или задачи бизнес-процесса учета электроэнергии, развитие которого не влияет на работоспособность других модулей;

- все интегрируемые модули должны использовать единую информационную модель и обмениваться данными, используя их единое описание; в рамках концепции интеграционной шины и СИМ модели в соответствии с регламентами обмена информацией описанными в стандарте МЭК 61970.

Построение инфокоммуникационных систем для конкурентного рынка электроэнергетики

Арбузов В.В., *ст. преп.*; Бережная О.В., *доц.*;

Альбит Е.В., *студ.*

Сумский государственный университет, г. Сумы

Одной из актуальных мировых тенденций проведения энергосберегающей политики является процесс либерализации рынка электроэнергии с целью уменьшения затрат на ее генерацию и передачу, а также с целью создания условий для разумного управляемого потребления энергоресурсов каждым потребителем.

Удовлетворение такой общественной потребности напрямую связано с изменением имеющихся и развитием новых информационных технологий и с необходимостью внедрения современных масштабных инфокоммуникационных систем.

Эффективность применения опыта мировых лидеров при построении таких систем зависит от национальных особенностей рынка таких услуг и имеющихся технологических возможностей.

Исследования показали, что для Украины к таким особенностям можно отнести невысокий уровень автоматизации комплексного учета энергоресурсов, неразвитость производительных мультисервисных систем передачи данных, невысокий уровень пригодности электрических сетей для передачи данных, отсутствие эффективных решений в сфере программного обеспечения, которое могло бы обеспечить внедрение «умных» технологий на всех стадиях движения энергоресурсов для всех его участников от генерирующих станций, распределительных компаний до потребителей.

Анализ перечисленных особенностей показал, что для построения эффективных инфокоммуникационных систем необходимо применение приборов и систем комплексного учета энергоресурсов, поддерживающих не только технологии передачи данных Ethernet, GSM/GPRS, но и BPL-технологии передачи данных по электрическим сетям, обладающих по сравнению с PLC технологиями, возможностью мультисервисной передачи данных по зашумленным электрическим сетям с большей скоростью и с повышенной надежностью, а также возможностью обеспечить информационное взаимодействие в рамках Концепции интеграционной шины и CIM модели в соответствии с требованиями международных стандартов МЭК 61970 и МЭК 61968.

Пристрій для швидкісних фотографій

Гриненко В.В. *ст. викл.*; Коблянський А.О., *студ.*
Сумський державний університет, м. Суми

Швидкісні фотографії використовуються для виділення особливостей процесів або періодів тривалістю до 0,3 мікросекунди. Для отримання швидкісних знімків потрібна точна синхронізація моменту зйомки з процесом, який ми хочемо зняти. Ступінь точності залежить від характеру процесу. Складність пристрою полягає в освітленні, тому що при такій короткій витримці штучного освітлення недостатньо. Для вирішення даної задачі була використана газорозрядна лампа-спалах високого тиску, у якої дуже короткий час запалювання - частки-одиноці мікросекунд, та час запалювання завжди стабільно, однаковий, що є дуже суттєвим при швидкісній зйомці. Також необхідно виконати синхронізацію між пристроєм зйомки і спалахом.

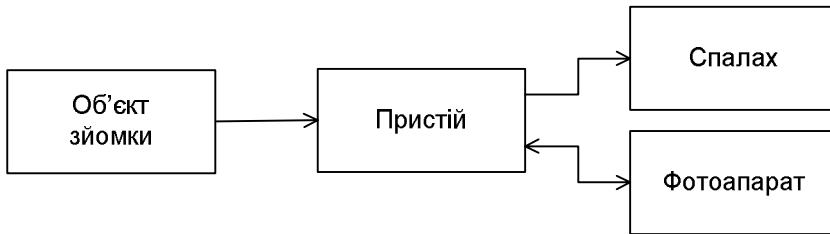


Рисунок 1 – Схема пристрою для швидкісних фотографій

Запропонований пристрій може працювати в двох режимах:

1. Підключений датчик руху: він спрацьовує на переривання променя, тим самим активуючи затвор, роблячи кадр, фотографію.

2. Підключений мікрофон: пристрій спрацьовує від звукових коливань (кляцання, вибух і т.д.).

Пристрій знаходиться в режимі очікування, до моменту подачі сигналу датчиком (датчик руху або мікрофон), одночасно активуючи спалах, і передаючи інформацію до фотоапарату. Після того, як інформація подана до фотоапарату, для подальшої його обробки (розрахунок кадру, виведення на LCD-дисплей для перегляду), пристрій знову переходить в режим очікування для наступного знімка.

Аналіз методів синтезу частот цифрових сигналів

Гриненко В.В., *ст. викл.*; Луценко С.В., *студ.*
Сумський державний університет, м. Суми

На сьогоднішній день використання цифрових сигналів є дуже поширеним. Для формування сигналів використовують синтезатори частоти, які здатні з опорної частоти сформувати частоту або набір частот. Розглянемо найбільш поширені методи синтезу частот:

1. В прямому аналоговому синтезу сигналу (Direct Analog Synthesis, DAS) відсутній процес корекції помилки та вихідна частота формується напряму з опорної частоти з використанням операцій фільтрації, змінення, множення і ділення.

2. Непрямий синтез сигналу на основі фазового автоматичного підстроювання частоти (Phase Locked Loop, PLL) застосовує принцип порівняння фази і частоти вихідного сигналу, що формований генератором, керований напругою, з сигналом опорного генератора.

3. Прямий цифровий синтез сигналу (Direct Digital Synthesis, DDS). Суть цього методу полягає в тому, що генератор формує аналоговий сигнал за рахунок генерації послідовності відліків в цифровій формі і наступним перетворенням цих відліків в аналоговий сигнал. Даний метод має такі переваги як: швидкий перехід на другу частоту (фазу), переналаштування по частоті без розриву фази; широкий спектр частот, що формується.



Рисунок 1 – Структурна схема DDS генератора

Вхідний пристрою сигнал формується мікроконтролером, отриманий височастотний сигнал подається на ЦАП, де вже на виході формується DDS сигнал потрібної нам частоти. Регулювання сигналу потрібної нам частоти здійснюється за допомогою клавіатури, параметри сигналу можна побачити на LCD дисплеї.

Адаптивная система передачи данных на основе двоичных биномиальных кодов

Протасова Т.А., *ст. преп.*; Васильев М.Г., *студ.*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Обеспечение высокой достоверности передачи информации является в настоящее время актуальной задачей. Одним из путей ее решения является применение помехоустойчивых кодов, например двоичных биномиальных кодов, которые обладают природной избыточностью.

В основе биномиальных систем счисления лежит разбиение исходного множества чисел на подмножества с количеством чисел в них, задаваемыми биномиальными коэффициентами. Как известно, разрешенные двоичные биномиальные последовательности можно представить в виде двух групп – в первой – обязательно фиксированное количество единиц в каждой кодовой комбинации, определяемое заданным параметром k , а во второй – наличие $n - k$ нулей [1]. Нарушение этих правил свидетельствует об ошибке в принятых биномиальных кодовых комбинациях. Исправление ошибок осуществляется благодаря организации переспроса [2].

Дальнейшим шагом по повышению эффективности систем связи на основе двоичных биномиальных кодов является применение в разрабатываемой системе трехуровневой адаптации к уровню помех [3]. Устройство контроля канала связи формирует сигнал о необходимости изменения длины передаваемой кодовой комбинации в зависимости от уровня помех. Таким образом, адаптивная система передачи информации позволяет обеспечивать требуемый уровень достоверности передаваемой информации, повышая тем самым производительность системы.

1. А.А. Борисенко, *Биномиальный счет. Теория и практика: Монография* (Сумы: Изд-во Универ.книга: 2004).
2. В.И. Васильев и др., *Системы связи* (Москва: Высш. шк.: 1987).
3. В.П. Цымбал, *Теория информации и кодирования* (Киев: Высш. шк.: 1992).

Лічильники рівноважних кодів

Протасова Т.О., *ст. викл.*; Торба І.В., *студ.*
Сумський державний університет, м. Суми

Код, який в усіх кодових комбінаціях містить однакову кількість одиниць, називається рівноважним [1]. Рівноважний код на практиці часто використовується для передачі та зберігання інформації в цифрових системах обробки даних, а також для передачі даних по каналам зв'язку. Основна перевага цих кодів – простий алгоритм виявлення помилок.

Суттєвим недоліком при застосуванні рівноважних кодів є складність алгоритмів кодування та, відповідно, пристроїв для їх реалізації. Як правило, формування рівноважних кодів здійснюється на основі таблиць, що обмежує їх розрядність та, відповідно, діапазон. Це не дозволяє в повній мірі використовувати переваги рівноважних кодів та обмежує область їх застосування.

Вирішити цю задачу можна шляхом застосування двійкових біноміальних чисел, як нерівномірних, так і рівномірних. Рівноважний код можна отримати доповнивши нерівномірний біноміальний код одиницями, якщо біноміальне число містить l нулів, або нулями, якщо в ньому вже міститься k одиниць. При цьому довжина рівноважної кодової комбінації повинна стати n [2]. Цей алгоритм можна реалізувати застосувавши біноміальний лічильник, доповнивши його комбінаційним блоком [3].

Лічильники рівноважних кодів можуть бути використані в системах дискретної обробки інформації в якості завадостійких лічильників, розподільників імпульсів та приладів завадостійкого кодування. Вони забезпечують більш широкі функціональні можливості та зберігають при цьому високу завадостійкість.

1. Н.Т. Березюк, *Кодирование информации. Двоичные коды* (Харьков: Вища шк., Изд-во при Харьк. Ун-те: 1978).
2. А.А. Борисенко, *Биномальный счет. Теория и практика: Монография* (Сумы: Изд-во Универ.книга: 2004).
3. А.А. Борисенко, *Биномальный счет и счетчики: Монография* (Сумы: Изд-во СумГУ: 2008).

Повышение КПД установки с солнечными модулями

Новгородцев А.И., доц.; Стеблянко Э.В., студ.
Сумский государственный университет, г. Сумы

Внедрение альтернативных источников энергии на сегодняшний день более выгодно как с экономической, так и с экологической точки зрения. Одним из перспективных источников энергии будущего является – солнечная энергия.

Установка содержит солнечные модули – панели, расположенные на опорной конструкции, регулятора заряда аккумуляторной батареи (АКБ) и инвертора. Накопителем энергии модулей солнечных батарей, является аккумуляторная батарея.

Аккумуляторы, специально предназначенные для солнечных модулей, имеют большую стоимость. С целью продления срока службы таких аккумуляторов и улучшения КПД установки, предлагается устройство контроля режима работы АКБ. Глубину разряда АКБ необходимо ограничить на уровне 30-40 %. Этого можно достичь отключением нагрузки или снижением мощности потребителя. Для выполнения этой функции в состав установки предлагается включить контроллер зарядки - разрядки АКБ.

Чтобы предохранить батарею от избыточного разряда, контроллер отключает и подключает нагрузку, при низком и требуемом уровне напряжения. При снижении уровня напряжения АКБ, звуковой сигнал сообщает пользователю о скором отключении питания.

Для защиты батареи от перезарядки необходимо ограничить ток заряда. По команде с контроллера, напряжение снижается до достижения напряжения возобновления заряда. Одним из факторов повышение КПД установки на 15-20 %, является также ориентация модулей установки, относительно источника света.

Для этой цели предлагается устройство (гелиостат) с импульсным управлением двигателем силовой установки поворота модулей солнечных батарей в горизонтальной плоскости. В течение дня платформа с солнечными батареями будет поворачиваться вслед за движением солнца. Предложенный метод относится к установкам автономных солнечных электростанций с мощностью до 1 кВт.

Идентификация параметров состояния стохастических систем

Новгородцев А.И., доц.; Гапич В.Н., зав. лаб.;

Етушенко Я.В., студ.

Сумский государственный университет, г. Сумы

Важной задачей теории стохастических решений, является задача идентификации параметров скалярных или векторных информационных сигналов, характеризующих поведение стохастических систем в параметрическом и фазовом пространствах. Известные методы синтеза алгоритмов параметрической идентификации не удовлетворяют возникающим при этом требованиям динамики систем и точности оценки параметров информационных сигналов в реальном масштабе времени.

Предлагается метод синтеза алгоритма оценки параметрического состояния стохастических систем, основанный на том, что от исходных уравнений наблюдений за выходом системы осуществляется переход к новым категориям, полученным цифровой обработкой информационных сигналов с помощью аппроксимирующего полинома.

Наиболее простой формой аппроксимации уравнений динамики стохастических систем является представление их рядом Тейлора на известном интервале наблюдения. При этом конкретный вид алгоритма зависит от стохастических свойств сигнала и помехи.

Осуществив переход к дискретной форме представления информации, можно получить матричное уравнение, которое реализуется непосредственно в цифровых вычислительных структурах.

Для этого необходимо предварительно ввести в постоянную память матрицу коэффициентов аппроксимации, а в оперативную память полную совокупность наблюдений. Оценка вектора параметрического состояния определяется по конечному числу наблюдений, хранящихся в оперативной памяти.

В качестве примера рассмотрена задача идентификации измерения скорости звука в жидких средах. Полученные при этом результаты математического моделирования и вычислительных экспериментов доказывают эффективность предложенного метода синтеза.

Представление двоичных биномиальных чисел с помощью матриц весовых коэффициентов

Павленко Р.В., студ.; Кулик И.А., доц.
Сумский государственный университет, г. Сумы

В настоящее время для биномиальных систем счисления отсутствуют способы выполнения сложения, вычитания и других операций над биномиальными числами, отличными от единицы. Но наличие таких способов и алгоритмов их реализующих позволило бы увеличить эффективность уже существующих методов биномиального кодирования и расширить области применения биномиальных систем счисления в информационных системах. Одним из первых шагов в решении указанной проблемы является разработка адекватных моделей двоичных биномиальных чисел, которые позволили бы достаточно просто реализовать арифметические операции над ними как аппаратным, так и программным способами.

Весовые коэффициенты $C_{\beta_i}^{\alpha_i}$ двоичных биномиальных чисел однозначно определяются парой параметров (α_i, Δ_i) , где $\alpha_i = k - q_i$, $\beta_i = n - i$, $\Delta_i = \beta_i - \alpha_i$, n – длина биномиальных чисел, а k – максимальное число присутствующих в них единиц. Поскольку значения весов биномиальных чисел зависят от двух параметров α_i и Δ_i , то удобной моделью для их представления являются $(0,1)$ -матрицы, координатами ячеек которых являются α_i и Δ_i . Основу таких $(0,1)$ -матриц составляют матрицы весовых коэффициентов. Наличие того или иного весового коэффициента в записи биномиального числа в $(0,1)$ -матрице указывается размещением единицы в соответствующей ячейке (α, Δ) . Остальные ячейки при этом заполняются нулями.

Матрицы, отображающие биномиальные числа, оказываются удобными не только для их представления, но и для проведения операций над самими биномиальными числами. Таким образом, в работе предлагается операцию суммирования биномиальных чисел проводить, используя их матричное представление, основанное на матрице весовых коэффициентов.

Генерація перестановок на основі факторіальної системи числення з використанням доповнюючого масиву

Дегтяр С.О., асп.; Горячев О.Є., асист.;

Сидоренко В.Ю., студ.

Сумський державний університет, м. Суми

Перестановки часто використовуються на практиці для вирішення різних завдань, серед яких – завдання комбінаторної оптимізації, перешкодостійкою передачі даних і їх захисту від несанкціонованого доступу. Існує велика кількість методів отримання перестановок. Одним із способів побудови перестановок є використання факторіальних чисел, близьких до перестановок за своєю структурою і властивостями. Методи, що використовують для генерації перестановок факторіальних систем числення, володіють рядом переваг, таких як, здатність отримання перестановок великої довжини, можливість формування випадкових перестановок і перерахування всіх перестановок заданої довжини.

Відомі методи генерації перестановок на основі факторіальних чисел, володіють високою швидкістю за рахунок зменшення кількості операцій порівняння, необхідних для перетворення елементів перестановок. Однак, в тому випадку, коли сортування елементів перестановки неможливо здійснювати паралельно перетворенню, з'являються значні затримки, необхідні для виконання допоміжних операцій.

Запропонований метод генерації перестановок, що використовує доповнюючий масив, при послідовному виконанні всіх операцій перетворення показує більш високу швидкість (менша кількість операцій) порівняно з іншими методами в обох випадках - як при додаванні всіх значень комірок доповнюючого масиву, так і при виборі тільки одиничних значень [2].

Керівник: Борисенко О.А., проф.

1. А.Е. Горячев, С.А. Дегтяр, *Вісник СумДУ. Техн. н.* **3**, 86 (2012).

Устройство биномиального нумерационного кодирования

Скляр М.С., студ.; Костель С.В., ассист.
Сумский государственный университет, г. Сумы

При работе с биномиальным кодом возникает необходимость в вычислении номеров биномиальных чисел (БЧ). Наибольшим быстродействием обладают устройства, которые используют для преобразования арифметические операции в соответствии с кодообразующей функцией биномиальной системы счисления:

$$F = \sum_{i=0}^{r-1} x_i C_{n-r+i}^{k_i}, \quad (1)$$

где F – номер БЧ, x_i – значение i -го разряда БЧ (0 или 1), k_i – параметр, зависящий от числа единиц для i -го разряда, r – длина БЧ.

В предлагаемом устройстве для каждого разряда БЧ ставится матричный сумматор единиц и двоичный сумматор биномиальных коэффициентов. На входы матричного сумматора подаются значения от матричного сумматора предыдущего разряда и значение текущего разряда. Значение на выходе будет соответствовать числу k_i двоичных единиц.

Двоичные сумматоры прибавляют к текущей сумме биномиальных коэффициентов значение биномиального коэффициента i -го разряда, при условии равенности текущего разряда x_i единице. На входы двоичного сумматора подаются значения от двоичного сумматора предыдущего разряда и через схемы "ИЛИ" на входы заводятся значения с матричного сумматора единиц. Причем подаваемые значения будут соответствовать двоичным представлениям биномиальных коэффициентов $C_i^{k_i}$ для текущего параметра i и множества возможных k_i . Совокупность всех каскадов для каждого из разрядов БЧ будет представлять собой устройство биномиального нумерационного кодирования.

К достоинствам предлагаемого устройства можно отнести: высокое быстродействие, простую аппаратную реализацию, универсальность, модульную структуру с возможностью наращивания разрядности.

Модель дедуктивно-параллельного синхронного анализа уязвимостей

Хаханов В.И., *проф.*; Мищенко А.С., *асп.*

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков

Предлагается модель дедуктивно-параллельного синхронного анализа уязвимостей (проникновений) киберсистемы (объекта), которая позволяет за одну итерацию обработки структуры вычислить все деструктивы, проверяемые на тест-векторе. Цель дедуктивного анализа – определить качество синтезируемого теста относительно полноты покрытия им уязвимостей, а также построить таблицу проверки тестовыми наборами всех обнаруженных уязвимостей КС для выполнения процедур диагностирования. Такая модель основана на решении уравнения $L = T \oplus F$, где $F = (F_{m+1}, F_{m+2}, \dots, F_1, \dots, F_n)$, $i = \overline{m+1, n}$ – совокупность функций исправного поведения КС; m – число его входов; $Y_i = F_i(X_{i1}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{in_i})$ – n_i -входовой i -й элемент схемы, реализующий F_i для определения состояния линии (выхода) Y_i на тест-векторе T_t ; X_{ij} – j -й вход i -го элемента; тест $T = (T_1, T_2, \dots, T_t, \dots, T_k)$ – упорядоченная совокупность двоичных векторов, доопределенная в процессе исправного моделирования на множестве входных, внутренних и выходных линий, объединенная в матрицу $[T_{ij}]$. Предлагается симулятор неисправных примитивов, где представлены булевы ($x1, x2$) и регистровые ($X1, X2$) для кодирования уязвимостей входы, переменная выбора типа исправной функции (AND, OR), выходная регистровая переменная Y . Применение такого симулятора дает возможность трансформировать функциональную модель F корректного поведения КС в дедуктивную L , которая инвариантна в смысле универсальности тестовым наборам и не предполагает в процессе моделирования использовать модель F . Поэтому симулятор, как аппаратная модель дедуктивной функции, является эффективным двигателем дедуктивно-параллельного моделирования КС, повышающим быстродействие анализа киберсистем в 10-1000 раз по сравнению с программной реализацией.

Аппарат булева дифференциального исчисления для анализа деструктивов

Чумаченко С.В., проф.; Щербин Д.А., асп.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков

Аппарат булева дифференциального исчисления предназначен для проверки существенных переменных и компонентов КС, включая и анализ существенности деструктивов – уязвимости и проникновения – для состояния киберсистемы. Рассматриваются методы взятия булевых производных по таблице истинности, дизъюнктивной форме или кубическому покрытию для создания условий активизации на входных переменных при синтезе тестов для проверки уязвимостей (проникновений). Вопросы, подлежащие решению: 1) Определение всех производных первого порядка по аналитической, кубической и табличной форме задания логической функции. 2) Верификация полученных условий активизации путем их моделирования на одной из форм описания функциональности. 3) Синтез тестов активизации переменных логической функции на основе вычисления производных.

При неоднозначном значении производной для функции, заданной кубическим покрытием, выбирается терм, имеющий максимальное число переменных. Минимизация производной функции на основе закона элиминации не сохраняет условия активизации переменной, по которой берется производная. В самом деле, значение функции от трех переменных при условиях склеивания может быть равно нулю (единице), что означает возможность отсутствия изменения функции при активизации соответствующей переменной. Наиболее технологичным является метод взятия производной по таблице истинности. Но использование кубического покрытия имеет меньшую вычислительную сложность ввиду компактного представления функциональности за счет введения избыточности (символа X) в двоичный алфавит. Использование аналитической формы предполагает существенное повышение сложности алгоритмов, связанной с применением законов булевой алгебры и минимизации функций, что ограничивает ее применение для решения практических задач. Предложенный метод синтеза тестов для тестирования и диагностирования уязвимостей может быть использована в качестве встроенного компонента инфраструктуры сервисного обслуживания КС.

Система розпізнавання зображень

Лопатченко Б.К., доц.; Григор'єв Є.В., студ.;
Сумський державний університет, м. Суми

Розпізнавання зображень вважається одним з основних питань теорії інтелектуальних систем. Ця задача має велике практичне значення. Термін «класифікація» у багатьох випадках використовується як синонім терміну «розпізнавання», але їх не можна рахувати повністю взаємозамінюваними. Застосування будь-якого з цих термінів зазвичай залежить від специфіки поставленого завдання.

Лінгвістичний (синтаксичний) підхід побудови системи розпізнавання використовується у випадку, коли образи описуються за допомогою підобразів чи їх співвідношень. Основна гіпотеза цього методу базується на тому, що зображення одного класу мають ряд загальних ознак і властивостей, які свідчать про їх подібність.

Основою математичного підходу вважаються такі правила класифікації, що їх формулювання і вивід визначається деякою математичною моделлю з застосуванням принципів кластеризації і загальності властивостей. Клас розглядається як кластер, коли його образи представлені векторами, компоненти яких – дійсні числа. Конструювання такої системи розпізнавання визначається розміщенням окремих кластерів у просторі.

Для евристичного підходу характерне використання принципу переліку членів класу, а його основними складовими є отриманий досвід та інтуїція людини. Сконструйовані таким методом системи розпізнавання мають ряд специфічних процедур, що розроблюються для конкретної задачі. Дуже складно узагальнити систему розпізнавання до деякої універсальної, саме тому для рішення кожної задачі необхідно використовувати специфічні прийоми розробки.

У даній доповіді розглянуті методи розпізнавання зображень, які засновані на алгоритмах нормалізації, а також запропоновані рішення щодо технічній реалізації електронної системи розпізнавання образів з застосуванням цих алгоритмів. Проаналізована сфера застосування такої системи.

Наукове видання

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ :: 2013

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 22-27 квітня 2013 року)

Відповідальний за випуск
декан ф-ту ЕлІТ проф. **С.І. Проценко**

Комп'ютерне верстання доц. **Т.В. Лютого**
Дизайн обкладинки доц. **Т.В. Лютого**

Відповідальний редактор доц. **Т.В. Лютий**

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк. Тираж 100 пр.
Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Р.-Корсакова, 2, м. Суми, 40007,
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №3062 від 17.12.2007.

