



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**ФІЗИКА,
ЕЛЕКТРОНІКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА**

ФЕЕ :: 2015

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

(Суми, 20-25 квітня 2015 року)

**Суми,
Сумський державний університет
2015**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ :: 2015

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 20–25 квітня 2015 року)



Суми
Сумський державний університет
2015

Шановні колеги!

Факультетом електроніки та інформаційних технологій Сумського державного університету в черговий раз щиро вітає учасників щорічної конференції «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.

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: elitconf@gmail.com

Web: <http://elitconf.sumdu.edu.ua/index.php/electronics/fee15>

Секції конференції

1. Теоретична та експериментальна фізика.
2. Наноматеріали.
3. Фізична електроніка.
4. Матеріалознавство мікро- та наноелектроніки.
5. Електронне приладобудування.
6. Електротехніка.
7. Електронні системи, прилади і засоби кодування інформації.

Голова оргкомітету –

проф. С.І. Проценко

СЕКЦІЯ № 1
«ТЕОРЕТИЧНА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА»

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

Початок: 22 квітня 2015 р., ауд. ЕТ 310, 15⁰⁰

1. Термодинамічні властивості суперіонної фази Ag_3SBr .

Автори: доц. **Мороз М.В.**,
доц. Прохоренко М.В.,
зав. лаб. Рудик Б.П.,
доц. Нечипорук Б.Д.,
асист. Соляк Л.В.

2. Назва XRD Analysis of Crystal Structure of the Fragment of the Campo Del Cielo Meteorite.

Authors: PhD Maksimova E.M.,
Stud. Hontsova S.S.,
Head of the Lab. Nauhatsky I.A.

3. Visualization of Thermal Crystals Expansion.

Authors: PhD Maksimova E.M.,
Stud. Zamkovskaya A.I.

4. Структурообразование квазикристаллических сплавов Al–Ni–Fe.

Авторы: асп. **Устинова Е.В.**,
проф. Суховая Е.В.

5. Фонон-поляритони в кристалі броміду цезію.

Автор – наук. співроб. Ступка А.А.

6. Дворідинна гідродинаміка плазми в магнітному полі зі стохастичною компонентою.

Автор – наук. співроб. Ступка А.А.

7. Анізотропія провідності в електрон-опромінену *n*-InSe.

Автори: проф. Ковалюк З.Д.,
ст. викл. Мінтянський І.В.,
ст. викл. Савицький П.І.

8. Рівняння осесиметричного меніска обертової краплі при обертанні відносно вертикальної осі.

Автор – доц. Біліщук В. Б.

9. Лазерная атомно-эмиссионная спектроскопия металлических покрытий полупроводников.

Автор – зав. лаб. Ермалицкая К.Ф.

10. Influence of Complex Formation on Mutual Diffusion in Benzene-Chloroform.

Authors: PhD Stud. **Kutsyk A.M.**,
Prof. Obukhovsky V.V.

11. Оптимальные характеристики внешних полей для нагревания феррожидкости.

Авторы: докт. Лютый Т.В.,
проф. Денисов С.И.,
студ. **Заика А.В.**

12. Моделювання квантоворозмірних систем при організації імітаційних лабораторних робіт.

Автори: доц. Дьоміна Н.А.,
доц. **Морозов М.В.**

13. Теплообмін та гідродинаміка потоку з надкритичними параметрами при стаціонарному режимі.

Автор – студ. Очеретнюк Р.В.

Керівник – доц. Гавриш А.С.

14. Оценка влияния внутримолекулярных возбуждений на поведение изохорной теплопроводности в циклопентане (C_5H_{10}).

Автори: доц. **Саган В.В.**,
проф. Константинов В.А.,
доц. Ревякин В.П.,
асп. Карачевцева А.В.

15. Теоретическое описание поведения изохорной теплопроводности в ориентационно разупорядоченных фазах молекулярных кристаллов.

Автори: асп. Карачевцева А.В.,
проф. Константинов В.А.,
доц. Ревякин В.П.,
доц. Саган В.В.

16. Диференційна колориметрія в дослідженні копігментації антоціанових пігментів у рослин.

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

17. Спектроскопія відбиття для діагностики накопичення антиоксидантних протекторних сполук у рослин.

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

18. Вплив провідності на процес прецесійного перемикавання намагніченості однодоменних наночастинок.

Автори: студ. **Педченко Б.О.**,
докторант Лютий Т.В.,
проф. Денисов С.І.

19. Залежність параметрів низькочастотної дисперсії від одновісного тиску у кристалах GaSe.

Автор – стар. наук. співроб. Флюнт О.Є.

20. Влияния одноосного вращения на изохорное теплосопротивление молекулярных кристаллов.

Автори: доц. **Ревякин В.П.**,
проф. Константинов В.А.,
доц. Саган В.В.,
асп. Карачевцева А.В.

21. Вплив вологості будівельних матеріалів на послаблення радіохвиль в діапазоні 2,3 ГГц – 8 ГГц.

Автори: доц. **Сатюков А.І.**,
ст. викл. Журко В.П.

22. Хвильова функція і поляризаційні параметри дейтрона.

Автори: доц. Гайсак І.І.,
ст. викл. **Жаба В.І.**

23. Дослідження температурної залежності імпедансу водних розчинів.

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

24. Дипольный момент молекулы красителя при конформационных превращениях.

Авторы: асп. Великодная В.В.,
студ. Рыжков А.С.,
проф. Лопаткин Ю.М.,
проф. Кондратенко П.А.

25. Теоретико-групповой анализ электронной и колебательной структуры молекулы.

Авторы: асп. Великодная В.В.,
проф. Лопаткин Ю.М.,
проф. Кондратенко П.А.

26. Потенциальная 3D-поверхность молекулы спиропирана.

Авторы: асп. Коваленко О.А.,
студ. Гусев В.,
проф. Лопаткин Ю.М.,
проф. Кондратенко П.А.

27. Энергетическая структура молекулы спиропирана.

Авторы: асп. Коваленко О.А.,
проф. Лопаткин Ю.М.,
проф. Кондратенко П.А.

28. Лазерна соляризація на поверхні мікрочисталів AgBr.

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

29. Индуцированная взаимно-коррелированными шумами бистабильность: явные выражения стационарной плотности вероятности.

Автор – ст. преп. Витренко А.Н.

30. Теплопроводность молекулярных кристаллов в ориентационно-упорядоченной фазе.

Авторы: канд. физ.-матем. наук **Романцова О.О.**,
д-р. физ.-матем. наук Кривчиков А.И.

31. Методика оценки электроотрицательности атомов и заместителей в молекуле.

Авторы: асп. Коваленко О.А.,
студ. Малашенко А.Г.,
проф. Лопаткин Ю.М.,
проф. Кондратенко П.А.

32. Вынужденное сферическое движение магнитной частицы в жидкости: термические эффекты.

Авторы: докторант Лютый Т.В.,
проф. Денисов С.И.,
асп. Рева В.В.

33. Вплив електричного поля на молекулу дифенілу з замісником NO_2 .

Авторы: студ. Малашенко А.Г.,
студ. Павлюк М.,
проф. Лопаткин Ю.М.,
проф. Кондратенко П.А.

34. Врахування ефектів анізотропії в орієнтації дископодібних кластерів при розрахунку кристалографічних параметрів.

Автори: доц. Яремій І.П.,
пров. фах. **Томин У.О.**,
асп. Уманців М.М.

35. Електрон-фононна та електрон-електронна взаємодія в спектрах КРС та поглинання кристалів.

Автори: асп. **Романюк Ю.А.**,
проф. Яремко А.М.

36. Проводимость Вигнеровского кристалла над жидким гелием. Модельный расчет.

Авторы: канд. физ.-матем. наук Сивоконь В.Е.,
канд. физ.-матем. наук **Шарапова И.В.**

37. Динамика открытой квантовой системы: кубит в поле лазерного излучения.

Авторы: асп. Быстрик Юлия С.,
ст. преп. Денисов С.В.

38. Процессы релаксации в двухуровневых системах.

Авторы: асп. Быстрик Юрий С.,
проф. Денисов С.И.

СЕКЦИЯ № 2 «НАНОМАТЕРИАЛИ»

Голова секції – д-р. фіз.-матем. наук, проф. Погребняк О.Д.
Секретар секції – асп. Кравченко Я.О.

Початок: 22 квітня 2015 р., ауд. ЕТ 216, 14³⁰

1. Дифференциальная термоЭДС примесных двухслойных графеновых лент.

Автор – канд. физ.-матем. наук Судоргин С.А.

2. Implementation of Carbon Nanostructures into the Metal Structure During Heat Treatment.

Authors: Prof. Starovoyt A.G.,
PhD Stud. Keush L.G.

3. Дослідження впливу на мікроструктуру нанокompозитного $\text{AlN-TiB}_2\text{-TiSi}_2$ високотемпературного відпалу та імплантації.

Автори: проф. Погребняк О.Д.
студ. Смирнова К.В.

4. Напівпровідникові властивості поруватого оксиду алюмінію.

Автори: проф. Байрачний Б.І.
інж. Сьомкіна О.В.

5. Структура и физико-механические свойства нитридных и карбидных многослойных систем на основе (Ta, Hf, V).

Авторы: проф. Погребняк А.Д.
асп. Кравченко Я. О.
студ. Сирый О.Ю.

6. Про нанопокриття сучасних теплообмінних поверхонь.

Автори: студ. **Гальченко І.В.**,
студ. Затірка Н.О.,
доц. Гавриш А.С.

7. Люмінесцентні характеристики низькодисперсного ZnS:Mn , отриманого методом СВС.

Автори: пров. наук. співроб. Бачеріков Ю.Ю.
мол. наук. співроб. Жук А.Г.,
старш. наук. співроб. Охріменко О.Б.,
проф. Козицький С.В.,
доц. Кардашев Д.Л.,
проф. Кідалов В.В.

8. Механоактивація та її вплив на розподіл валентних електронів та інтеркалаційні властивості сумішей $\text{SiO}_2/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

Автори: асп. Яворський В.Я.,
мол. наук. співроб. Ільків В.Я.
Керівник – проф. Зауличний Я.В.

9. Вплив модифікації нанопористого вуглецю рослинного походження на енергоємнісні характеристики в якості електродної компоненти суперконденсаторів.

Автори: асп. Семенчук І.І.

10. Вплив ефективної маси на спін-контрольоване тунелювання в структурах «феромагнетик/діелектрик/феромагнетик».

Автори: доц. Коротун А.В.,
інж. I. категорії **Павлице Н.І.**

11. Розрахунок числа зайнятих станів у металевому нанодроті в перпендикулярному магнітному полі.

Автори: доц. Коротун А.А.,
магістр Карандась Я.В.

12. Поглинання електромагнітного випромінювання сферичним металевим нанокластером.

Автори: доц. Коротун А.В.,
магістр Коваль А.О.

13. Напівпровідникові властивості поруватого оксиду алюмінію.

Автори: Сьомкина О.В.
проф. Байрачний Б.І.

14. Вплив інтеркалювання нікелем на властивості шаруватих кристалів In_2Se_3 та InSe .

Автори: асп. Кушнір Б.В.,
канд. фіз.-матем. наук Боledзюк Б.В.

15. Вплив лазерного опромінення на процес впровадження водню в GaSe .

Автори: канд. фіз.-матем. наук Боledзюк В.Б.,
канд. фіз.-матем. наук Пирля М.М.,
асп. Поцілуйко Р.Л.

16. Characterizations of Structural Properties of ZnO Thin Films Depending on the Experimental Conditions.

Автори: PhD stud. Klymov O.V.,
Stud. Ladniy D.O.,
Senior Researcher Kurbatov D.I.

17. Фізико-механічні властивості іонно-плазмових покриттів квазібінарних систем $\text{TiB}_2\text{-WB}_2$ і TiC-WC .

Автори: ст. викл. Шовкопляс О.А.,
проф. Соболь О.В.,
проф. Береснев В.М.

18. Поглинання ультразвукових хвиль в металонанонаповненому полівінілхлориді.

Автори: ст. викл. Левчук В.В.

19. Локальная плотность электронных состояний аморфного графена.

Автори: доц. **Кардашев Д.Л.**,
доц. Артеменко Е.С.,
ассист. Кардишев К.Д.

20. Структурная организация в гибкоцепных полимерах, обусловленная кавитацией в гидкостях.
Авторы: канд. физ.-матем. наук **Колупаев Б.Б.**
21. Електрохімічні властивості нанопористого вуглецевого матеріалу у водних електролітах.
Автори: старш. наук. співроб. **Рачій Б.І.**,
наук. співроб. Лісовський Р.П.,
наук. співроб. Іванічок Н.Я.
Керівник – проф. Будзуляк І.М.
22. Наноккомпозит $\text{FeF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ / C в якості катодного матеріалу для літій-йонних джерел струму.
Автори: докторант Мокляк В.В.,
асп. Збіглей Л.З.
23. Оценка эффективности применения микрофльтрационных мембран с нанопорами для удаления масляных примесей из сточных вод.
Автор – асп. Картавцева Е.Ю.
24. Создание липосомных наноконструкций, меченных флуоресцентными полупроводниковыми нанокристаллами.
Авторы: младш. науч. сотруд. Петрова Е.А.,
младш. науч. сотруд. Дубатовка Е.И.,
ведущ. науч. сотруд. Терпинская Т.И.
25. Математична модель плазмово-дугового синтезу вуглецевих нанотрубок.
Автори: студ. Гриценко Ю.В.,
доц. Космінська Ю.О.,
проф. Перекрестов В.І.

26. Упорядковані металеві наночастинки для наноплазмоніки.

Автори: студ. Опалько В.М.,
доц. Космінська Ю.О.,
доц. Корнющенко Г.С.

27. Ефекти самоорганізації при квазірівноважній стаціонарній конденсації.

Автори: студ. Калашник А.В.,
доц. Корнющенко Г.С.,
доц. Космінська Ю.О.

28. Отримання шарів SiC шляхом магнетронного розпилення складеної мішені графіт-кремній.

Автори: асп. **Загайко І.В.**,
доц. Корнющенко А.С.,
проф. Перекрестов В.І.

29. Формування пористих наносистем оксиду цинку для використання в сенсорах водню.

Автори: асп. Наталіч В.В.,
доц. Корнющенко Г.С.,
проф. Перекрестов В.І.,
студ. Глущенко Д.С.

СЕКЦІЯ № 3 «ФІЗИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА»

Голова секції – д-р фіз.-матем. наук, проф. Воробйов Г.С.
Секретар секції – асп. Кравченко Я.А.

Початок: 22 квітня 2015 р., ауд. ЕТ 216, 14³⁰

1. Просторово-дисперсійні характеристики двомірних фотонних кристалів.

Автори: доц. Кривець О.С.,
студ. Шубніков В.С.

2. Розрахунок спектральних характеристик резонансно-тунельних структур на основі методу S-матриці.

Автори: доц. **Бабіч А.В.**,
доц. Коротун А.В.

3. Структурні особливості плівок сульфїду кадмію, отриманих методом випаровування у квазізамкненому об'ємі.

Автори: асп. Єрьоменко Ю.С.,
студ. Салогуб А.О.
проф. Опанасюк А.С.

4. К вопросу о моделировании черенковского и дифракционного излучений на периодических металлодиэлектрических структурах.

Автори: проф. Воробьев Г.С.,
доц. Петровский М.В.,
доц. Журба В.О.,
студ. Пурыга О.О.,
студ. Шубніков В.С.

5. Розробка комплексу автоматизації вимірювань електродинамічних характеристик для панорамного вимірювача коефіцієнту послаблення та КСВН Я2Р-67.

Автори: студ. Пурыга О.О.,
студ. Шубніков В.С.
студ. Деуленко Д.В.,
доц. Журба В.О.,
доц. Петровский М.В.,
проф. Воробьев Г.С.,
доц. Кривець О.С.

СЕКЦІЯ № 4 «МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО МІКРО- ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКИ»

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

Початок: 21 квітня 2015 р., ауд. Ц 326, 13⁰⁰

1. Вплив орієнтації мультишарів на основі Co та Gd у зовнішньому магнітному полі на їх магнітні властивості.

Автори: магістрант **Шабельник Т.М.**,
мол. наук. співроб. Воробйов С.І.,
доц. Шпетний І.О.

Керівник – проф. Чорноус А.М.

2. Тензорезистивні властивості плівкових гранульованих сплавів: апробація теоретичної моделі.

Автори: асист. Шабельник Ю.М.,
магістрант Богомоленко О.А.

Керівник – проф. Проценко І.Ю.

3. Магнітні і магніторезистивні характеристики плівкових систем на основі Co і Cr у зовнішньому магнітному полі.

Автор – мол. наук. співроб. Кондрахова Д.М.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

4. Термо- і магніторезистивні властивості багатошарових плівок на основі Fe і Au.

Автори: магістрант **Волков С.О.**,
магістрант Панюта А.М.,
мол. наук. співроб. Пилипенко О.В.,
доц. Одноворець Л.В.

5. Тензорезистивні властивості двошарових плівок Fe/Ag.

Автор – магістрант **Логвинов А.М.**
Керівник – асист. Ткач О.П.

6. Формування електрофізичних властивостей тришарових плівок.

Автори: асп. Гричановська О.А.,
асп. Подуремне Д.В.,
магістрант Кошіль О.П.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

7. Терморезистивні властивості плівкових систем на основі Fe або Co і Ag.

Автори: асист. Ткач О.П.,
магістрант **Сірик А.В.**,
доц. Одноворець Л.В.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

8. Оптичні властивості одношарових плівок Co, Fe і Cu

Автори: асп. **Костенко М.В.**,
ст. викл. Демиденко М.Г.
Керівник – доц. Чешко І.В.

9. Формування чутливого елементу датчика магнітного поля на основі Co і Cu

Автори: студ. Манько А.В.,
асп. **Нагорний С.С.**
Керівник – доц. Чешко І.В.

10. Вплив температури підкладки на структурні характеристики плівок MgO, отриманих методом спреї-піролізу.

Автори: студ. **Ткаченко Д.О.**,
асп. Д'яченко О.В.,
доц. Опанасюк Н.М.

11. Magneto-optical Studying of Magnetic Nanoparticle Arrays, Obtained by Thin Metal Films Thermal Treatment.

Authors: Assist. **Zlenko V.A.**,
Senior Lecturer Demydenko M.G.,
Prof. Protsenko S.I.

12. EPR of Mn²⁺ and Eu²⁺ in PbTe Thin Films Grown by Laser-assisted Deposition Technique.

Authors: Senior Researcher Plyatsko S.V.,
Senior Researcher Gromovoj Yu.S.,
Researcher Rashkovetskyi L.V.,
Senior Researcher Kadyshhev S.K.

13. The IR-laser Treatment of Solid Solution PbGeTe : Mn.

Authors: Senior Researcher Plyatsko S.V.,
Senior Researcher Gromovoj Yu.S.,
Researcher Rashkovetskyi L.V.,
Senior Researcher Kadyshhev S.K.

14. Експериментальні результати вимірювання екситонних спектрів GaSe і (КОН)GaSe при 293 К і 77 К.

Автор – асп. Цибуленко Ю.М.
Керівник – проф. Ковалюк З.Д.

15. Ефект поверхневого плазмонного резонансу у плівках SnS₂.

Автори: асп. **Стеценко М.О.**,
асп. Возний А.А.,
ст. наук. співроб. Руденко С.П.,
мол. наук. співроб. Максименко Л.С.

16. Структурні властивості плівок SnS₂, отриманих методом термічного вакуумного випаровування у КЗО.

Автори: студ. Пугач М.М.,
асп. Возний А.А.,
докторант Косяк В.В.,
проф. Опанасюк А.С.

17. Структурні властивості плівок Sn₂S₃.

Автори: студ. **Пугач М.М.**,
асп. Возний А.А.,
докторант Косяк В.В.

18. Спектри електрохімічного імпедансу системи Li/Cu₄Bi₆S₁₁.

Автори: проф. Ковалюк З.Д.,
старш. наук. співроб. Мінтянський І.В.,
старш. наук. співроб. Савицький П.І.

19. Вплив інтеркалювання “Wine” на імпеданс шаруватих кристалів InSe.

Автор – асп. Фешак Т.М.
Керівник – проф. Ковалюк З.Д.

20. Першо-принципні розрахунки кластерів парової фази матеріалів системи As-S.

Автори: доц. Ковтуненко В.С.,
асп. Мешко Р.О.,
доц. Рябошук М.М.
Керівник – проф. Іваницький В.П.

21. Дослідження параметрів міжшарової обмінної взаємодії в магнітних багатшарових наноструктурах методом феромагнітного резонансу.

Автори: мол. наук. співроб. Козак І.М.,
старш. наук. співроб. Кравець А.Ф.,
мол. наук. співроб. Поліщук Д.М.,
зав. відділом Голуб В.О.

22. Гомоперехід n -InSe– p -InSe : Cd з ефективністю 2,8 %.

Автор – наук. співроб. Сидор О.М.

23. Дисперсійні властивості тонких плівок $(Y_{0.06}Ga_{0.94})_2O_3$.

Автори: асп. Медвідь І.І.,
студ. Бордун Б.О.
Керівник – проф. Бордун О.М.

24. Вплив опромінення швидкими нейтронами на фотолюмінесценцію тонких плівок CdZnTe.

Автори: наук. співроб. Рашковецький Л.В.,
ст. наук. співроб. Стрільчук О.М.,
ст. наук. співроб. Пляцко С.В.

25. Дослідження наноплівок As_2S_3 на Si і SiO_2 методом ЕФС.

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

СЕКЦІЯ № 5 «ЕЛЕКТРОННЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

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

Початок: 21 квітня 2015 р., ауд. Ц325б, 13⁰⁰

1. Automation of Process of Measuring and Control of Technological Water.

Authors: Senior Teacher **Tychkov V.V.**,
Assosiate Prof. Trembovetskaya R.V.

2. The Electronic Properties of Film Materials Based on Fe and Pt or Ge.

Authors: Assist. **Vlasenko O.V.**,
PhD Stud. Poduremne D.V.,
Assosiate Prof. Odnodvoretz L.V.
Supervisor – Prof. Protsenko I.Yu.

3. Advanced noise generator method of flicker noise measurement.

Author – PhD Stud. **Reschikoff S.E.**
Supervisor – Assosiate Prof. Sergeev V.A.

4. Упорядковані тверді розчини на основі Fe або Co і Pd як матеріали для надщільного запису інформації.

Автори: асп. **Карпенко К.Г.**,
магістрант Олешко Ю.С.,
доц. Однодворець Л.В.

5. Магнітоопір феромагнітних плівок як елементів тунельних структур.

Автор – асп. **Подуремне Д.В.**
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

6. Дослідження магнітних властивостей тришарових плівкових систем на основі Ni та Dy.
- Автор – асп. **Шутильєва О.В.**
Керівник – проф. Чорноус А.М.
7. Етапи формування плівок графену методом Ленгмюр-Блоджетт.
- Автори: асп. **Костюк Д.М.**,
магістрант Яців О.О.,
магістрант Федірко О.В.
Керівник – проф. Проценко С.І.
8. Фазовий склад тонких плівок Ni і Cu як компонент функціональних матеріалів мікроелектроніки.
- Автори: асп. **Калініченко С.М.**,
доц. Однодворець Л.В.
9. Віртуальна лабораторна робота «Дослідження магніторезистивних властивостей тонких плівок».
- Автор – магістрант **Волков С.О.**
Керівник – асист. Тищенко К.В.
10. Оптичні втрати на відбивання в сонячних елементах на основі гетеропереходів $n\text{-CdS}(n\text{-ZnS})/p\text{-CZTS}$.
- Автори: студ. **Данильченко П.С.**,
асп. Доброжан О.А.,
проф. Опанасюк А.С.
11. Використання лазерних діодів в рейтресінговій аберометрії.
- Автор – студ. **Климов М.В.**
Керівник – доц. Яганов П.О.

12. Пьезотрансформатор с колебательными системами различной физической природы.

Авторы: асп. **Заика В.М.**,
доц. Бондаренко Ю.Ю.

13. Імітансний логічний елемент «І».

Автори: доц. Лазарев О.О.,
студ. **Явтухівський В.А.**,
студ. Ковалюк О.М.

14. Виявлення в сигналі георадара класифікаційних ознак для розрізнення кольорових металів.

Автор – асп. Абрамович А.О.

15. Кореляційний аналіз сигналу геолокатора.

Автор – студ. Фурманчук В.Ю.,
Керівник – доц. Мрачковський О. Д.

16. Автоматизированный измеритель температуры, влажности и давления в помещении.

Авторы: доц. **Филимонов С.А.**,
ст. преп. Батраченко А.В.,
асп. Филимонова Н.В.,
Ткачева Е.А.

17. Дослідження робочих характеристик електронних РС-генераторів.

Автори: студ. **Сидоренко М.В.**,
зав. лаб. Лободюк О.С.

18. Вплив температури на характеристики біполярних транзисторів.

Автори: студ. **Удовиченко А.Л.**,
доц. Одноворець Л.В.

**СЕКЦІЯ № 6 «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ, ПРИЛАДИ І
ЗАСОБИ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ»**

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

Секретар секції – асист., Скордіна О.М.

Початок: 21 квітня 2015 р., ауд. ЕТ 236, 11⁰⁰

1. Раманівська спектроскопія тонких плівок ZnO отриманих методом пульсуючого спреї-піролізу.

Автори: студ. **Литвиненко І.Ю.**,
асп. Доброжан О.А.,
проф. Опанасюк А.С.

2. Светодиодно-галогеновый осветитель.

Автори: студ. **Полежаева О.В.**,
доц. Зайцев Р.В.,
науч. сотруд. Кириченко М.В.

3. Использование алгоритма Edgebreaker для сеточного кодирования.

Автор – студ. **Самусь Н.С.**
Руководитель – доц. Ошаровская Е.В.

4. Активний та пасивний імітансний електронний ключ.

Автори: студ. **Явтухівський В.А.**,
студ. Ковалюк О.М.,
доц. Лазарєв О.О.

5. Счетчики Фибоначчи в нормальных кодах.

Авторы: студ. Жуков П.П.,
студ. Годунов И.М.,
асп. **Маценко С.М.**,
проф. Борисенко А.А.

6. Оцінка помехоустойчивости кодов Фибоначчи.

Автори: асп. **Маценко С.М.**,
проф. Борисенко А.А.,
студ. Нечипоренко Е.О.,
студ. Фомин Д.С.

7. Вибір оптимального алгоритму інтерполяції для побудови автономної системи ЧПУ.

Автори: студ. **Рідченко С.А.**,
асп. Знаменщиков Я.В.,
проф. Опанасюк А.С.

8. Структурні та субструктурні характеристики плівок $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ зі змінною концентрацією цинку.

Автори: студ. **Шергін Я.**,
асп. Знаменщиков Я.В.,
докторант Косяк В.В.,
проф. Опанасюк А.С.,
доц. Фочук П.М.

9. Сенсорні властивості хімічно осаджених плівок ZnO .

Автори: студ. **Куліжко В.**,
асп. Бересток Т.О.,
дослідник Латишев В.М.,
проф. Опанасюк А.С.

10. Структурні та субструктурні характеристики хімічно осаджених плівок ZnO:Al .

Автори: студ. **Домник А.С.**,
асп. Бересток Т.О.,
проф. Опанасюк А.С.

11. Структурні особливості плівок CuO нанесених методом спреї-піролізу.

Автори: студ. **Левченко Є.О.**,
асп. Д'яченко О.В.,
асп. Мешков А.М.,
проф. Опанасюк А.С.

12. Fully integrated smart BLDC motor driver.

Author – Stud. **Buzuluk A.**
Supervisor – Associate Prof. Zavorotniy V.F.

13. Построение алгоритмов подсчета числа единиц в двоичном слове.

Авторы: студ. **Зинченко И.С.**,
доц. Кулик И.А.

14. Нумерационное сжатие на основе биномиальных чисел.

Авторы: студ. **Олейник П.Д.**,
доц. Кулик И.А.

15. Обнаружение ошибок в факториальных числах.

Авторы: студ. **Рачек А.С.**,
инж. Горячев А.Е.

16. Використання телевізійних систем в задачах нормалізації зображень.

Автори: студ. **Бочкарев А.В.**,
доц. Лопатченко Б.К.

17. Способи підвищення ефективності управління плазмовими панелями.

Автори: студ. **Оболонський Є.О.**,
доц. Лопатченко Б.К.

18. Джерело живлення з мікроконтролерним керуванням.

Автори: студ. **Терновський С.В.**,
доц. Новгородцев А.І.

19. Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) для систем керування потягами.

Автори: студ. **Сороколат В.В.**,
викл. Романова І.І.

20. Моделювання перехідних процесів у трансформаторах при комутації.

Автори: студ. **Садовничий А.О.**,
доц. Новгородцев А.І.

21. Багатофункціональний осцилограф-аналізатор з генератором сигналів довільної форми.

Автори: студ. **Любко А.В.**,
доц. Гриненко В.В.

22. Обробка медико-біологічних зображень.

Автор – студ. **Гуральник А.Б.**
Керівник – проф. Білинський Й.Й.

23. Разработка аппаратного комплекса по wavelet-обработке потоков данных с температурных датчиков за продолжительный период.

Автори: доц. **Крыжевич Л.С.**,
асп. Рудаков А.Н.,
доц. Ковалев В.Г.

24. Побудова розподілених систем з підвищеною інформаційною надійністю.

Автори: студ. **Чалюк Р.Ю.**,
студ. Романов Д.А.,
ст. викл. Арбузов В.В.,
доц. Бережна О.В.

25. Розробка електронного лічильника електроенергії з функціями коригування систематичних похибок трансформаторів струму.

Автори: студ. **Ковган Р.С.**,
студ. Кузнецов О.О.,
ст. викл. Арбузов В.В.,
доц. Бережна О.В.

26. Счётчики на квазиравновесных кодах.

Авторы: студ. **Гейко Д.В.**,
инж. Скордина Е.М.

27. Використання п'єзокерамічних перетворювачів в системах активної звукоізоляції.

Автор – студ. Матвійчук Я.В.
Керівник – доц. Богданов О.В.

Секція № 7 «ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»

Голова секції – канд. техн. наук, доц. Лебединський І.Л.

Секретар секції – асп. Дяговченко І.М.

Початок: 22 квітня 2015 р., ауд. М 304, 13²⁵

1. Piezoelectric Transducers in the Schemes of Bandpass and Bandstop Electrical Filters.

Authors: Prof. Sharapov V.M.,
Associate Prof. Bazilo K.V.,
Associate Prof. Trembovetskaya R.V.

2. Терморегулируемое устройство формирования тканеэквивалентного фильтра.

Автори: студ. Стуров А.В.,
асист. Четвериков С.Ф.

3. Спосіб поновлення осердя короткозамкненого ротора електричної машини змінного струму.

Автори: доц. Муріков Д.В.,
доц. Василега П.О.,
студ. Канавець О.П.

4. Моделювання перенапруги в розподільчих мережах електроенергетичних систем.

Автори: студ. **Ніконов Р.С.**,
студ. Шешеня І.О.
доц. Петровський М.В.,
ст. викл. Лебедка С.М.

5. Моделирование переходных режимов в сети 750 кВ с учетом реакторов.

Автори: студ. Ніконов Р.С.,
студ. Шешеня І.О.
Керівник – доц. Петровський М.В.

6. Моделювання та визначення оптимальних параметрів системи електропостачання.

Автори: студ. Устименко О.В.,
студ. Однолєток М.Д.
Керівники: доц. Муріков Д.В.,
доц. Василега П.О.

7. Режекторний фільтр на С-негатроні з електронним керуванням.

Автор – студ. Козін Д.О.
Керівник – доц. Лазарєв О.О.

8. Research of Piezoelectric Adders for Vibroacoustic Physiotherapy.

Автори: Associate Prof. Bazilo K.V.,
Stud. Medianyuk V.V.

9. Methods for Improving the Quality of Electric Energy.

Authors: Associate Prof. Lebedinskiy I.L.,
Senior Teacher Romanovsky V.I.,
PhD Stud. Kachan M.V.

10. The Appraisal of Voltage Unsinusoidality in the Electrical Distribution Network.

Authors: Associate Prof. Lebedinskiy I.L.,
Senior Teacher Romanovsky V.I.,
PhD Student Kachan M.V.

11. Оцінка ефективності електроспоживання при специфічних навантаженнях.

Автор: асист. Кійко В.В.

12. Моделювання дистанційного захисту лінії електропередач в програмному комплексі PSCAD/EMTDC.

Автори: асист. Іванов О.О.,
студ. Іванов С.О.,
студ. Ігнатова О.І.

13. Використання математичного моделювання для дослідження провалів напруги в розподільних мережах високої напруги.

Автори: доц. В'юненко О.Б.,
доц. Толбатов В.А.

14. Перспективи використання міні-ТЕЦ на твердому паливі для Ріпкинського району Чернігівської області.

Автори: студ. Палій Д.О.,
доц. Приступа А.Л.

15. Проблема аналізу зміни фізико-механічних характеристик проводу.

Автор – асп. Галюга А.В.

16. Моделювання нелінійних режимів роботи електричних мереж за допомогою програмного комплексу MathCad та комплексу LabView на основі системи збору даних National Instrument DAQ з інтерфейсом USB.

Автори: студ. **Березка О.І.**,
ст. викл. Романовський В.І.,
асист. Макуха Д.М.

17. Моделювання споживання електричної енергії динамічним навантаженням в електричних мережах промислових підприємств.

Автори: ст. викл. Романовський В.І.
студ. Кірієнко Д.,
студ. Слюсар І.

18. The Influence of Switching and Changing of Resistance Value of Incandescent Lamp on Watt-hour Energy Accounting.

Authors: Stud. Kartalov M.O.,
Stud. Havriluk V.S.,
PhD Stud. Diahovchenko I.M.

19. Сравнительный анализ экономичности использования ламп накаливания, люминесцентной, энергосберегающей и светодиодной в коммунальных учреждениях.

Авторы: доц. Лебединский И.Л.
студ. Гречикина П.Б.,
студ. Киях И.А.

СЕКЦІЯ 1

**«Теоретична та
експериментальна фізика»**

Термодинамічні властивості суперіонної фази Ag_3SBr

Мороз М.В.¹, доцент; Прохоренко М.В.², доцент;
Рудик Б.П.¹, завідувач лабораторіями; Нечипорук Б.Д.³, доцент;
Соляк Л.В.¹, асистент

¹ Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне

² Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів

³ Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Суперіонній фазі Ag_3SBr властива розупорядкована структура вже при кімнатній температурі [1,2]. Термодинамічні властивості зазначеної фази є недослідженими.

Методами фізико-хімічного аналізу нами здійснено триангуляцію системи Ag-S-Br в частині Ag-S-AgBr . В інтервалі 340–430 К досліджено температурну залежність ЕРС електрохімічної комірки $\text{C|Ag|скло } \text{Ag}_3\text{GeS}_3\text{Br|D|C}$ (С – інертні (графітові) електроди; Ag, D – електроди комірки; D – рівноважний сплав фазової області $\text{Ag}_3\text{SBr-S-AgBr}$; скло $\text{Ag}_3\text{GeS}_3\text{Br}$ – мембрана з чисто іонною провідністю) [3]. Рівняння $E(T)$ використані для розрахунку значень термодинамічних функцій фази Ag_3SBr , рівноважної з бромідом срібла та сіркою: $-\Delta_f G^\circ = 132.0 \pm 0.6$ кДж/моль, $-\Delta_f H^\circ = 117.0 \pm 0.4$ кДж/моль, $\Delta_f S^\circ = 50.2 \pm 0.6$ Дж/(моль·К) ($T < 379.34$ К); рівноважної з бромідом срібла та рідкою фазою $-\Delta_f G^\circ = 138.5 \pm 0.7$ кДж/моль, $-\Delta_f H^\circ = 129.9 \pm 0.6$ кДж/моль, $\Delta_f S^\circ = 28.7 \pm 1.2$ Дж/(моль·К) ($T > 379.34$ К). Співставлено значення термодинамічних функцій суперіонних фаз Ag_3SI , Ag_3SBr та Ag_3TeBr . Встановлено, що заміна халькогенід-іонів при незмінному складі галогенід-іонів в елементарній комірці мало позначається на значеннях термодинамічних функцій фаз. Суттєві зміни термодинамічних функцій спостерігаються при заміні в ґратці рухливих галогенід-іонів та незмінному складі халькогенід-іона.

1. Е.А. Укше, Н.Г. Букун, *Твердые электролиты* (М.: Наука: 1977).
2. А.К. Иванов-Шиц, И.В. Мурин, *Ионика твердого тела. Т. 1* (С.-Пб.: из-во С.-Пб. ун-та: 2000).
3. М.В. Moroz, М.В. Prokhorenko, В.Р. Rudyk, *Russ. J. Electrochem.* **50**, 1177 (2014).

XRD Analysis of Crystal Structure of the Fragment of the Campo Del Cielo Meteorite

Maksimova E.M., *PhD*, Hontsova S.S., *student*;
Nauhatsky I.A., *head of the laboratory*
V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol

Meteorites are the key, and often the only source of information about the pre-planetary and planetary early history of our solar system [1]. Currently, the following classification of meteorites: stone (aerolites) stoney-iron (siderolites) and iron (siderites), depending on the ratio of silicate minerals in them, and nickel-iron [2].

X-ray analysis was investigated of the fragment of iron meteorite Campo del Cielo, measuring 1.5 cm by 2 cm, weighing 13.55 grams. The crystal structure of the samples were examined for general purpose diffractometer «DRON-3» by powder method with copper radiation (Cu K α). Survey was carried out in the range of angles from 10° to 100°.

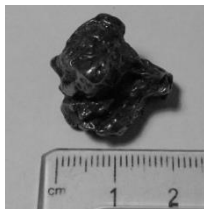


Figure 1 – Sample of meteorite.

It was found that the basis of the structure of meteorite Campo del Cielo is native iron of cosmic origin – a compound of minerals kamacite (Fe,Ni) and taenite (Fe, Ni). There are also the inclusions of minerals phase: troilite FeS, sphalerite ZnS, daubreelite FeCr₂S₄, alabandite MnS – group of sulphides; enstatite (Mg,Ca)SiO₃, hedenbergite CaFeSi₂O₆, pigeonite (Ca,Fe)₂Si₂O₆, olivine (Fe,Mg,Mn)₂SiO₄, plagioclase (Ca,Na)(Al,Si)[AlSi₂O₈] – silicate group; graphite C, chromite FeCr₂O₄, cohenite Fe₃C and schreibersite (Fe,Ni)₃P.

1. Dodd R.T. *Meteorites*: Trans. from English. (M.: Mir: 1986).
2. J.I. Goldstein et al., *Chemie der Erde*, 69, 293 (2009).

Visualization of Thermal Crystals Expansion

Maksimova E.M., *PhD*, Zamkovskaya A.I., *student*
V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol

Thermal properties of crystals can be visualized using the indicatory surfaces of thermal expansion. Radius-vector of this surface is proportional to the size of the relative lengthening of crystal in this direction at heating. The form and orientation of the indicatory surfaces of thermal expansion of the crystals is related to their symmetry according Neumann's Principle: for the crystals of the highest category – a sphere, fig.1(a); for the middle category – spheroid, fig.1(b); for the lowest category – a triaxial ellipsoid, fig.1.

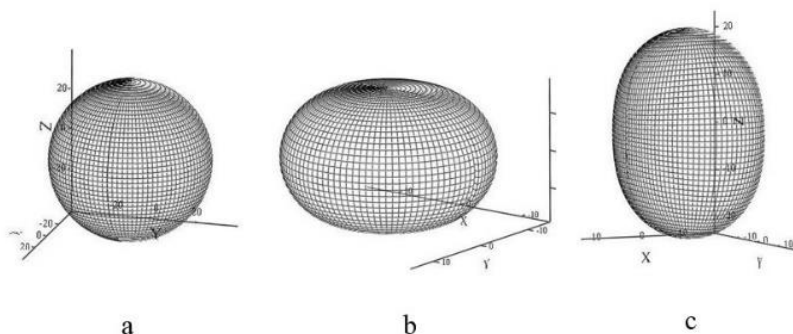


Figure 1 – The indicatory surface of thermal expansion of sphalerite (a), α -quartz (b) and brookite (c), constructed in Mathcad application package.

There are a small number of materials, which in some directions have negative coefficients of thermal expansion (for example: calcite, graphite). In such crystals there are directions, which are not exposed to temperatures – cones of zero expansion.

1. W.A. Wooster, *Tensors and group theory for the physical properties of crystals* (Oxford: Clarendon Press: 1973).
2. N.V. Perelomova, M.M. Tagiyeva, *Book of problems in crystal physics* (Moscow: Science: 1982).

Структурообразование квазикристаллических сплавов Al–Ni–Fe

Устинова Е.В., аспирантка; Суховая Е.В., профессор

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
г. Днепропетровск

Сплавы Al–Ni–Fe являются перспективными материалами, предназначенными для использования в агрессивных и окислительных средах [1]. Особый интерес представляют эти сплавы в области образования квазикристаллической декагональной D-фазы, обладающей уникальными физико-механическими и физико-химическими характеристиками [2]. Однако сведения о наличии D-фазы в структуре сплавов, закристаллизованных при обычных скоростях охлаждения являются противоречивыми [3, 4]. Поэтому в работе исследовали закономерности структурообразования сплавов Al–Ni–Fe в области образования квазикристаллической декагональной D-фазы с целью подтверждения ее стабильности при комнатной температуре.

Сплавы $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ и $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$ получали сплавлением химически чистых элементов (99,99 %) в графитовых тиглях в печи Таммана. Скорость охлаждения сплавов составляла 50 К/с. Контроль содержания химических элементов выполняли с помощью методов атомно-абсорбционной спектроскопии и рентгенофлуоресцентного анализа. Для исследования микроструктуры сплавов использовали оптический микроскоп «Neophot». Идентификацию фаз проводили методом рентгеноструктурного анализа на аппарате ДРОН-УМ с использованием излучения CuK_{α} . Локальный рентгеноспектральный микроанализ осуществляли с помощью растрового сканирующего электронного микроскопа «РЭММА 102-02», оборудованного специальной приставкой. Количественные металлографические исследования выполняли на структурном анализаторе «Eriquant». Микротвердость фаз измеряли на приборе ПМТ-3.

Сплав $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ имеет двухфазную структуру, состоящую из квазикристаллической декагональной D-фазы и кристаллической фазы Al_5FeNi . В этом сплаве первой из жидкости выделяется фаза Al_5FeNi . Результаты рентгеноструктурного анализа подтверждают присутствие

данной фазы в структуре. Относительное содержание D-фазы составляет около 30 об. %.

В структуре сплава $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$ идентифицированы следующие три фазы: квазикристаллическая декагональная D-фаза, кристаллические фазы Al_3Ni и Al_3Ni_2 . Содержание квазикристаллической декагональной фазы достигает более 15 об. %.

D-фаза в сплаве $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$ представляет собой твердый раствор железа в квазикристаллическом двойном соединении $Al_{80}Ni_{20}$ (D-AlNi). В сплаве $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ D-фаза является твердым раствором никеля в соединении $Al_{86}Fe_{14}$ (D-AlFe). Эти признаки указывают на кристаллизацию в исследованных сплавах Al–Ni–Fe двух типов декагональных квазикристаллов D-AlNi и D-AlFe.

Известно, что чем больше микротвердость, тем больше хрупкость квазикристаллов. При сравнении микродюрметрических характеристик двух типов квазикристаллических фаз показано, что в сплаве $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$ D-фаза характеризуется более низкими значениями микротвердости. Содержание D-фазы в сплаве $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ почти в 1,6 раза больше, чем содержание квазикристаллов в сплаве $Al_{71}Ni_{24}Fe_5$. Благодаря этому в сплаве $Al_{70}Ni_{14,5}Fe_{15,5}$ увеличивается значение общей микротвердости.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что в сплавах Al–Ni–Fe образуется два типа стабильной квазикристаллической D-фазы. Их структура связана со структурой сосуществующих с ними кристаллических фаз. Устранить хрупкость квазикристаллических сплавов можно, используя их в качестве наполнителей макрогетерогенных композиционных материалов с пластичной металлической матрицей.

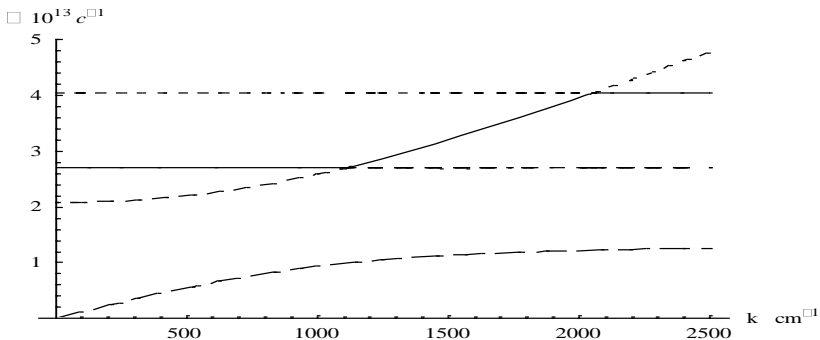
1. H.R. Trebin, *Quasicrystals. Structure and properties* (Weinheim: Wiley: 2003).
2. U. Lemmerz, B. Grushko, C. Freiburg and E.M. Jansen, *J. Phil. Mag. Lett.* **69** No3, 141 (1994).
3. L. Zhang, Y. Du, H. Xu, C. Tang H. Chen, and W. Zhang, *J. Alloys and Comp.* **454** No1–2, 129 (2008).
4. I. Chumak, K.W. Richter, H. Ipser, *J. Intermetallics* **15** No11, 1416 (2007).

Фонон-поляритони в кристалі броміду цезію

Ступка А.А., науковий співробітник

Дніпропетровський національний університет ім. Олесея Гончара,
м. Дніпропетровськ

Отримана серія довгохвильових фонон-поляритонів як власних хвиль поперечного електромагнітного поля в іонних кристалах з двома атомами в елементарній комірці. Ураховано тепловий рух зарядів. Також ураховано локальне поле шляхом запровадження ефективного заряду. Використано модель Хуана Куна для опису підграток точкових зарядів, що осцилюють з частотою ω . Знайдений статистичний оператор системи в теорії збурень по введений самоузгодженим чином малій взаємодії. Дисперсійне рівняння отримано після усереднення системи рівнянь для електромагнітного поля. Усереднення функції Гріна струмів виконано для нормального розподілу по випадкових амплітудах гармонійно осцилюючих підграток. Використане наближення справедливо для малого відношення середньоквадратичного теплового відхилення до довжини хвилі, що дозволило обмежитися тільки другою і третьою гармоніками фонуна в дисперсійному рівнянні при побудові графіка. Лінія частоти 2ω обмежує зверху графік першого верхнього фонон-поляритона і знизу – графік другого верхнього фонон-поляритона для використаного прикладу кристала броміду цезію. Решта фонон-поляритонів мають графіки у вигляді сходинки з нахилом, що асимптотично наближається до графіка фотона в даному кристалі, і висотою ω .



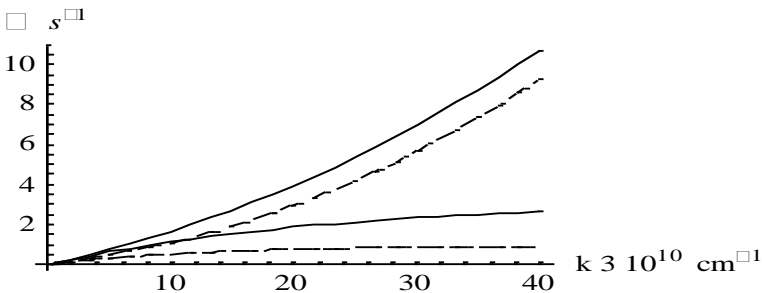
Дворідинна гідродинаміка плазми в магнітному полі зі стохастичною компонентою

Ступка А.А., науковий співробітник

Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара,
м. Дніпропетровськ

Розглянуто двокомпонентну плазму в зовнішньому магнітному полі із ізотропним центральним другим моментом. Виконано лінеаризацію та усереднення з урахуванням флуктуацій магнітного поля в рівняннях дворідинної гідродинаміки з гарячою електронною і холодною іонною підсистемами. Проаналізовано дисперсійне рівняння для хвиль малої амплітуди, що розповсюджуються вздовж першого моменту зовнішнього магнітного поля. Запроваджено нові характеристики хвиль: поперечну швидкість, що подібна до альфвенівської [1], та подібну до ларморівської частоту, які виникають через наявність ізотропного центрального другого моменту магнітного поля в плазмі. Отримано істотні корекції в законах дисперсії іонної та альфвенівської мод.

На графіку для даних Крабоподібної туманності приведено поперечні низькочастотні моди з (суцільні лінії) і без (пунктирні лінії) випадкового поля. Як ми бачимо, випадкове поле значно збільшує швидкість звуку (нахили біля початку відліку) і граничну короткохвильову частоту альфвенівської (нижньої) моди.



1. А.А. Stupka, *Magnetohydrodynamics*, **46**, 137 (2010).

Анізотропія провідності в електрон-опромінену n -InSeКовалюк З.Д., *професор*;Мінтянський І.В., *старший науковий співробітник*;Савицький П.І., *старший науковий співробітник*Інститут проблем матеріалознавства НАН України, Чернівецьке
відділення, м. Чернівці

Енергетичні зони, які формують край фундаментального поглинання InSe, мають тривимірний характер і в ідеальному випадку анізотропія електропровідності $\sigma_{\perp C}/\sigma_{\parallel C}$ повинна бути низькою та не залежати від температури. Однак, серед шаруватих напівпровідників A^3B^6 саме для селеніду індію відомо про високу анізотропію ($10^2 \div 10^5$) та різні механізми електропровідності впоперек шарів. Це пояснюється існуванням порушень послідовності чергування шарів, що є місцями стоку домішок, приводять до формування енергетичних бар'єрів між шарами та пониження $\sigma_{\parallel C}$.

Відомо, що інтеркалюванням чи легуванням різними домішками можна змінити величину $\sigma_{\perp C}/\sigma_{\parallel C}$. Тут ми вперше повідомляємо про вплив на анізотропію провідності n -InSe опромінення високоенергетичними електронами (енергія – 9,2 МеВ, флюенс – 10^{14} е/см², доза – 30 кГр). Виміри проводили в температурній області 80÷400 К. Відповідні компоненти провідності вивчалися до та після опромінення для зразків з однієї монокристалічної шайби без перепаювання контактів, а їх типові розміри складали $10 \times 2,5 \times 0,8$ ($\sigma_{\perp C}$) та $5,0 \times 3,0 \times 0,6$ мм³ ($\sigma_{\parallel C}$).

Результати експериментів показали, що для вихідного n -InSe компонента $\sigma_{\parallel C}$ дуже слабо росте з температурою у діапазоні 80÷300 К, а анізотропія провідності при температурі рідкого азоту становить $\sim 1,0 \cdot 10^4$ та незначно знижується зі збільшенням температури. Це пов'язано з тунельним механізмом струмопереносу впоперек шарів. Опромінення електронами приводить до різкого зменшення $\sigma_{\parallel C}$ при низьких температурах. Як наслідок, анізотропія електропровідності зростає і набуває екстремально високих значень ($\geq 10^6$ при 80 К). Співставлення теоретичних та експериментальних кривих проведено на основі моделі змішаної провідності, що включає 3D та 2D електро-ни. Моделювання показало, що температурні зміни $\sigma_{\perp C}/\sigma_{\parallel C}$ для опромінених кристалів можна пояснити комбінованим впливом тунельних та активаційних бар'єрів.

Рівняння осесиметричного меніска обертової краплі при обертанні відносно вертикальної осі

Білішук В.Б., доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ

Для визначення наднизьких значень міжфазного натягу (МН) між двома взаємонерозчинними рідинами використовують метод обертової краплі (ОК). В методі ОК для визначення МН розраховують координати точок контуру ОК, використовуючи відповідні диференційні рівняння [1]. Ці рівняння відображають процес обертання краплі в строго горизонтальному напрямку і при відсутності земної гравітації. При певних умовах (великих частотах обертання ω краплі, малій різниці густин досліджуваних рідин $\Delta\rho$) результати визначення МН з використанням цих диференційних рівнянь суттєво не відрізняються від дійсних значень. В інших випадках дослідники отримують завищені або занижені значення МН, що зумовлено впливом земної гравітації на процес обертання рідин.

Пропонується при визначенні МН методом ОК вісь обертання рідин у розміщувати вертикально. Тоді, для розрахунку координат точок ОК, пропонується використовувати такі диференційні рівняння:

$$\frac{d\varphi}{dl} = \frac{2}{R_0} - \frac{x^2}{2} \frac{\Delta\rho\omega^2}{\sigma} + y \frac{\Delta\rho g}{\sigma} - \frac{\sin\varphi}{x}, \quad \frac{dx}{dl} = \cos\varphi, \quad \frac{dy}{dl} = \sin\varphi, \quad (1)$$

де x, y – координати точок контуру ОК; σ – МН на межі розділу двох рідин; φ – кут між віссю обертання краплі та нормаллю, проведеною до контуру обертової краплі в точці з координатами x, y ; R_0 – радіус кривизни поверхні ОК у її вершині; l – довжина дуги меридіана профілю ОК від її вершини до точки контуру, g – прискорення вільного падіння.

Рівняння (1) дають змогу врахувати вплив земних умов на результати визначення МН рідин методом ОК, що знижує похибку отриманих результатів.

1. C.D. Manning, L.E. Scriven, *Rev. Sci. Instrum.* **48** No12, 1699 (1977).

Лазерная атомно-эмиссионная спектроскопия металлических покрытий полупроводников

Ермалицкая К.Ф., *заведующий лабораторией*
Белорусский государственный университет, г. Минск

PVD (physical vapor deposition) – покрытия являются одним из наиболее распространенных способов улучшения характеристик (коррозионной стойкости, микротвердости, износостойкости, срока службы и др.) промышленных изделий. В большинстве случаев данные покрытия наносятся на объекты из металлов и сплавов, однако в последнее время напыление осуществляется и на неметаллическую основу. При этом из-за хрупкости самого образца существенно снижается количество методов, которые можно использовать для исследования покрытия. Исследования проводились на лазерном спектрометре LSS-1, источник испарения вещества и возбуждения эмиссионных спектров – Nd:YAG-лазер с длиной волны 1064 нм, длительностью импульсов – 15 нс, частотой следования импульсов – 10 Гц. Все измерения проводились в атмосфере воздуха при нормальном давлении. Исследования степени деструкции поверхности с помощью микроинтерферометра Линника МИИ-4 показали, что при воздействии лазерного импульса на поверхности образца образуется кратер диаметром 50 мкм и глубиной 3 мкм. Для уменьшения толщины испаряемого слоя был предложен метод расфокусировки лазерного излучения относительно поверхности образца, позволяющий снизить толщину слоя с 3 до 0,1 мкм. При этом расфокусированное лазерное излучение удовлетворяет основным требованиям к источнику возбуждения спектров для прямого послойного анализа покрытий: постоянная испаряемая толщина слоя; равномерность испарения со всей эффективной площади эрозионного пятна и превышение уровня аналитического сигнала над уровнем фона в несколько раз.

Объектом исследования являлась кремниевая пластина, на которую наносилось покрытие из титана методом конденсации с ионной бомбардировкой. Данная система подвергалась воздействию совмещенных и одиночных плазменных потоков, формируемых в вакуумно-дуговых разрядах. Ток дуги составлял 100 А, отрицательное опорное напряжение – 120 В, толщина покрытия – 1-2 микрон.

Пластина додатково оброблялася потоками азотної плазми (КПП), сформованими в магнітно-плазменному компресорі, з різним числом плазменних імпульсів (від 1 до 5). Длительність впливу складала ~ 100 мкс. Експерименти проводилися в режимі «остаточної атмосфери», при якому в попередньо откачану камеру вводили плазмоутворююче речовина – азот – до тиску 400 Па. Густина потужності потоку змінювалася в діапазоні $(1,5 \div 3,5) \cdot 10^5$ Вт/см², що було достатньо для розплавлення поверхневих шарів і легування сталі матеріалами покриття і плазмоутворюючим речовиною (азот) з можливістю утворення нітридних фаз, твердих розчинів і інтерметаллідів. В результаті була сформована багаторівнева структура, товщиною 10÷15 мкм.

Проведені експерименти показали, що вплив подвійних лазерних імпульсів, як сфокусованих на поверхні, так і розфокусованих не призводить до руйнування кремнієвої основи. Залежності інтенсивності спектральних ліній титану $\lambda=390,2$ нм і кремнію $\lambda=390,6$ нм від глибини залягання шару h в PVD-покриві кремнієвої пластини до і після обробки потоками азотної плазми приведені на малюнку 1. Обробка плазмою призводить до того, що атоми однорідного мікронного покриття дифундують вглиб основи, в результаті чого на поверхні зразка утворюється двохкомпонентна система, товщиною декілька мікрометрів.

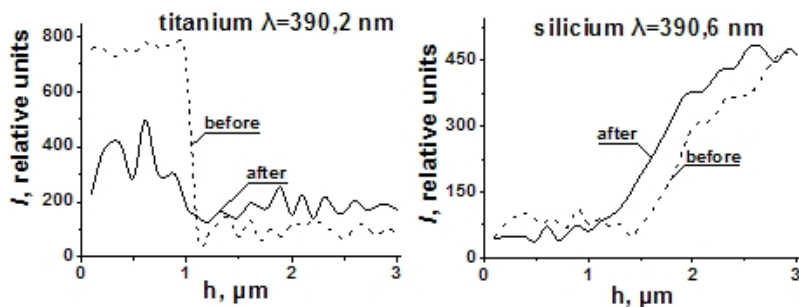


Рисунок 1 – Залежність інтенсивності спектральних ліній титану $\lambda=390,2$ нм і кремнію $\lambda=390,6$ нм від глибини залягання шару h в PVD-покриві кремнієвої пластини до і після обробки потоками азотної плазми.

Influence of Complex Formation on Mutual Diffusion in Benzene-Chloroform

Kutsyk A.M., *postgraduate student*; Obukhovskiy V.V., *professor*
Faculty of Radiophysics, Electronics and Computer Systems,
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

Peculiarities of diffusion in the mixture of molecular liquids are connected with intermolecular interactions. Theory of nonlinear diffusion takes into account the effect of molecular complexes formation in liquid mixtures. Process of diffusion mass-transfer is described by the following system of equations [1]:

$$\frac{\partial \varphi_n}{\partial t} + \operatorname{div} \vec{J}_n = S_n, \quad \vec{J}_n = \sum_m d_{nm} \cdot [\varphi_n \nabla \varphi_m - \varphi_m \nabla \varphi_n]. \quad (1)$$

$$\sum_n \varphi_n = 1, \quad \sum_n \vec{J}_n = 0, \quad \sum_n S_n = 0. \quad (2)$$

Here φ_n is a relative volume of the n -th component; S_n is the source functions (determined by interactions between molecules in the solution).

Under some conditions (matter-transfer is slow, but generation of the complex is fast), Fick's law of diffusion takes place. However, the coefficients of diffusion become dependent on the component concentrations. For example, if two liquids are mixed, then total flow of the 1st component is: $\vec{J}_1^{tot} = -D_1^{ef}(\varphi_1^{tot}) \cdot \nabla \varphi_1^{tot}$ (here $\varphi_1^{tot} = \varphi_1 + \alpha_{13}\varphi_3$, where φ_3 - relative volume of chemical complex, α_{13} - share of the 1st component in the complex "3").

We investigated mutual diffusion in liquid benzene-chloroform mixture at 25 °C. Initial binary mixture is considered as ternary which consists of pure benzene, pure chloroform and equimolecular complex. Concentration dependence of the effective diffusion coefficient $D_1^{ef}(\varphi_1^{tot})$ was explained using the set of equations (1) and (2). Also this theory provides obtaining of the concentrations of mixture components.

1. V. Obukhovskiy, V. Nikonova, *Ukr. J. Phys.* **55**, 891 (2010).

Оптимальные характеристики внешних полей для нагревания феррожидкости

Лютый Т.В., *докторант*; Денисов С.И., *профессор*;
Заика А.В., *студент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Рассматривается актуальная с прикладной точки зрения задача поглощения энергии переменного магнитного поля магнитной наночастицей, взвешенной в жидкости с последующей диссипацией за счет вращения частицы и вязкого трения. Используется модель частицы с замороженным магнитным моментом [1], в рамках которой магнитный момент предполагается жестко фиксированным в кристаллической решетке и может изменять положение только вместе с частицей.

Пренебрегая тепловыми флуктуациями, записывается система уравнений для угловых координат и скоростей частицы, описывающая ее сферическое движение в вязкой среде под действием внешнего поля вида $\mathbf{H} = h(\mathbf{e}_x \cos \Omega t + \mathbf{e}_y \sigma \sin \Omega t) + \mathbf{e}_x H_x + \mathbf{e}_z H_z$. Здесь h и Ω – амплитуда и частота поля, соответственно, $\mathbf{e}_{x,y,z}$ – орты декартовой системы координат, $\sigma = 1$ для циркулярно-поляризованного поля и $\sigma = 0$ для линейно-поляризованного поля, $H_{x,z}$ – статические поля вдоль соответствующих осей. Начальное положение магнитного момента относительно системы координат задается углами θ_0 и φ_0 .

Поскольку нагревание в системе происходит за счет поглощения энергии именно переменного поля, поглощаемая мощность q , в первую очередь, зависит от параметров h и Ω . В то же время, показывается, что при определенных обстоятельствах q может зависеть как от статического поля $H_{x,z}$, так и от полярного угла первоначального положения магнитного момента θ_0 .

На основании полученных аналитических и численных результатов устанавливаются оптимальные с точки зрения поглощаемой энергии динамические режимы сферического движения наночастицы и величины параметров, которые их обуславливают.

1. Yu.L. Raikher, and M.I. Shliomis, *Adv. Chem. Phys.* **87**, 595 (1994).

Моделювання квантоворозмірних систем при організації імітаційних лабораторних робіт

Дьоміна Н.А., доцент; Морозов М.В., доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет,
м. Мелітополь

Використання персональних комп'ютерів (ПК) у навчальному процесі спрямовано на активізацію та підвищення ролі самостійної роботи студентів, що дозволяє більш ефективно використовувати час студентів і викладачів. Тому розробка математичних, комп'ютерних моделей для проведення імітаційних, віртуальних лабораторних робіт є актуальною [1, 2].

У роботі описані математичні моделі поведінки електронів в одновимірній потенціальній ямі з нескінченно високими стінками і проходження електронів крізь потенціальний бар'єр в гетероструктурах. Квантова яма зі стінками кінцевої висоти утворюється для електрона у гетероструктурі, що складається з вузькозонного напівпровідниками, який знаходиться між двома напівпровідниками з широкою забороненою зоною, наприклад: AlGaAs-GaAs-AlGaAs. Якщо, навпаки, напівпровідник з широкою забороненою енергетичною зоною знаходиться між двома вузькозонними напівпровідниками (GaAs-AlGaAs-GaAs) для руху електрона виникає потенціальний бар'єр. Використання програмного пакету MathCad дозволило провести моделювання стану електрона в одновимірній потенціальній ямі, отримати графіки хвильової функції $\varphi_n(x)$ і густини ймовірності $\rho_n(x)$ знаходження електрона у квантовій ямі та анімацію цих графіків. Також проведено математичне, комп'ютерне моделювання тунельного ефекту та досліджена залежність коефіцієнту прозорості від параметрів бар'єру та повної енергії електрона.

Результати досліджень та математичного моделювання на ПК використовуються при організації віртуальних лабораторних робіт з дисциплін «Фізика» та «Фізичні основи сучасних комп'ютерних технологій».

1. О.І. Болбат, М.В. Морозов, С.Ю. Радєв., *Праці ТДАТУ* **6** No10, 137 (2010).
2. Д.А. Усанов, *Компьютерное моделирование микро- и нано-структур: Учебное пособие для студентов* (Саратов: 2008).

Теплообмін та гідродинаміка потоку з надкритичними параметрами при стаціонарному режимі

Очеретнюк Р.В., *студент*
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ

Розглянуто процеси гідродинаміки і теплообміну при плині теплоносія в шестигранній семистрижневій тепловиділяючій збірці (ТВЗ) при русі теплоносія з надкритичними параметрами.

На шести тепловиділяючих елементах задавався постійний тепловий потік. Розрахунки проводилися при фіксованих густині теплового потоку $q = 400000 \text{ Вт/м}^2$ і тиску $p = 25 \text{ МПа}$, в діапазоні зміни швидкостей $u_0 = 0,5-1,2 \text{ м/с}$ і температур $T_r = 290-800 \text{ }^\circ\text{C}$ (див. Рис. 1).

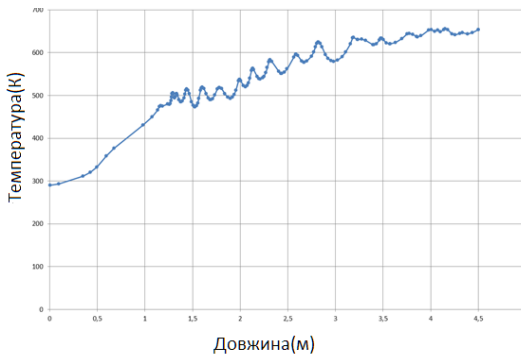


Рисунок 1 – Розподіл температури по довжині ТВЗ при переході до надкритичних параметрів

Перехід до надкритичної температури відбувається на відстані 1,2-1,3 м від входу в ТВЗ. Ці дані корелюються з отриманими в роботі [1]. Моделювання дозволяє отримувати кореляцію результатів досить якісно і швидко, з достатньо невеликою похибкою.

Керівник: Гавриш А.С., *доцент*

1. П.В. Ягов, А.Н Чуркин, *Материалы международного семинара «Вода и пар сверхкритических параметров в атомной энергетике: проблемы и решения»* – М.ФГУП НИКИЭТ, С. 27 (2008).

**Оценка влияния внутримолекулярных возбуждений на поведение
изохорной теплопроводности в циклопентане (C₅H₁₀)**

Саган В.В., доцент; Константинов В.А., профессор;
Ревякин В.П., доцент; Карачевцева А. В., аспирант
Физико-технический институт низких температур
имени Б.И. Веркина НАН Украины, г. Харьков

В данной работе рассматривается перенос тепла в «пластических» ориентационно разупорядоченных фазах циклических углеводородов с неплоской формой молекул на примере циклопентана (C₅H₁₀).

Существование кристаллов с рядом особых свойств включая низкую энтропию плавления было впервые обнаружено Тиммермансом [1], который назвал такие кристаллы «пластическими», их основное отличие - интенсивная переориентация молекул (предельный случай свободное вращение). Взаимодействие трансляционных мод (фононов) и молекулярных переориентаций (трансляционно-ориентационное взаимодействие) представляет значительный интерес для понимания статических и динамических свойств ориентационно разупорядоченных кристаллов [2].

Твердый циклопентан C₅H₁₀, также, интересен и тем, что имеет две «пластические» кристаллические фазы. Кроме того, два атома углерода выступают за плоскость кольца (молекулы этого вещества могут существовать в нескольких конформациях – «half-chair» и «bent»), так что молекула циклопентана может совершать так называемое «псевдовращение», влияние которого на теплопроводность практически не исследовано.

Термин «псевдовращение» служит для описания колебаний атомов около положения равновесия, происходящие с большой амплитудой. Таким образом колебания атомов последовательно передаются по циклу, что напоминает вращательное движение.

1. J. Timmermanns, *J. Chim. Phys.* **35**, 331 (1938).
2. R.M. Lynden-Bell, K.H. Michel, *Rev. Mod. Phys.* **66**, 721 (1994).

Теоретическое описание поведения изохорной теплопроводности в ориентационно разупорядоченных фазах молекулярных кристаллов

Карачевцева А. В., аспирант; Константинов В.А., профессор;

Ревякин В.П., доцент; Саган В.В., доцент

Физико-технический институт низких температур имени Б. И. Веркина НАН
Украины, г. Харьков

На примере твердого тетрагидрофурана (ТНФ) – C_4H_8O , описано поведение изохорной теплопроводности в ориентационно разупорядоченной фазе с использованием двух теоретических моделей. Показано, что теплопроводность уменьшается при снижении температуры подобно, потому как она ведет себя в ориентационно упорядоченных фазах других молекулярных кристаллов [1].

Ранее для описания отклонений от закона $1/T$ была предложена модель, где тепло переносится как низкочастотными фонами, так и высокочастотными «диффузными» модами [2]. Эта модель с подвижной границей «диффузности» Θ^* основывается на более-менее физических представлениях и предполагает наличие четко определенного «кроссовера» между фоновой и «диффузными» модами. В то же время в рамках этой модели «диффузные» моды «включаются» довольно резко выше некоторой определенной температуры, и фоновый вклад в теплопроводность изменяется пропорционально $T^{-3/2}$, так как часть фоновых мод превращается в «диффузные» при уменьшении Θ^* .

Несколько иной подход был предложен, в частности, в работе [3]. Авторы, как и в первой модели, исходили из утверждения, что теплопроводность определяется суммой вкладов фоновых и «диффузных». В то же время, проанализировав поведение теплопроводности ряда молекулярных кристаллов, можно сделать вывод, что теплопроводность с хорошей точностью также может быть описана выражением $\kappa(T) = A/T + B$, где член A/T описывает трехфононные процессы переброса, а B – вклад локальных «диффузных» мод. Предполагается, что этот вклад зависит от температуры при $T \geq \Theta_D$. Эта модель является полумперической, и не основана на строгих физических предположениях, и предполагает, что «диффузный» вклад существует на протяжении всей области температур.

Обе рассмотренные модели достаточно хорошо описывают температурную зависимость теплопроводности тетрагидрофурана, и сложно отдать предпочтение одной из них. Для окончательного выбора в пользу той или иной модели необходимо дальнейшее накопление экспериментальных фактов и дополнительный теоретический анализ.

1. D.G. Cahill, S.K. Watson and R.O. Pohl, *Phys. Rev. B* **46**, 6131 (1992).
2. V.A. Konstantinov, Heat transfer in molecular crystals, In: Aziz Belmiloudi (Eds.), Heat Transfer - Theoretical Analysis, Experimental Investigations and Industrial Systems, "InTech" Open Access Publisher (2011).
3. V.A. Konstantinov, A.I. Krivchikov, O.A. Korolyuk, V.P. Revyakin, V.V. Sagan, G.A. Vdovichenko and A.V. Zvonaryova, *Physica B* **424**, 54 (2013).

Диференційна колориметрія в дослідженні копігментації антоціанових пігментів у рослин

Феденко В.С., провідний науковий співробітник;

Шевет С.А., здобувач

Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара,
м. Дніпропетровськ

Копігментація антоціанових пігментів – найефективніший механізм створення різноманіття забарвлення рослин. Фізичний аспект цього явища пов'язано з існуванням *in vivo* неасоційованих та асоційованих форм антоціанів, яким відповідають червоний та синій кольорові стимули у світловому потоці, що відбивається від пігментованих рослинних тканин. У разі суперпозиції цих стимулів при зоровому сприйнятті створюється ефект різних відтінків пурпурного кольору.

Мета роботи – дослідити ефект копігментації антоціанов у рослинних тканинах із використанням диференційної колориметрії.

Об'єкт дослідження – пелюстки квіток різнозабарвлених типів *Lupinus polyphyllus* Ladl., поліхроїзм яких пов'язано з копігментацією дельфінідину. Колориметричні виміри проводили на спектрофотометрі Specord M40, обладнаному інтегрованою фотометричною сферою та касетою для математичної обробки спектральних параметрів. На основі колориметричних коефіцієнтів L , a , b розраховували кольорові відмінності між типами, які визначали за інтегральною величиною ΔE та її складовими – відмінністю за інтенсивністю ΔL , за кольоровістю ΔC та за кольоровим тоном ΔH .

При порівняльному аналізі типів, кольоровий стимул яких потрапляє у діапазон пурпурових кольорів, максимальні величини ΔE (55,02) і ΔL (52,89) встановлено для типу із темно-фіолетовим забарвленням, що пов'язано з домінуванням копігментованої форми за меншої кількості неасоційованої форми. Зниження кількості копігментованої форми при суперпозиції кольорових стимулів призводить до зменшення внеску складових ΔC і ΔH в інтегральну величину ΔE . Практичний аспект використання діагностичної колориметрії полягає у можливості інструментальної ідентифікації гетерохромних типів квіткових рослин у межах одного виду та різних сортів на основі матриці кольорових відмінностей.

Спектроскопія відбиття для діагностики накопичення антиоксидантних протекторних сполук у рослин

Шемет С.А., здобувач; Феденко В.С., провідний науковий співробітник
Дніпропетровський національний університет імені О. Гончара,
м. Дніпропетровськ

Спектроскопія відбиття дає можливість експрес-діагностики функціонального стану рослин в несприятливих умовах середовища за характеристиками антиоксидантних протекторних сполук. Серед антиоксидантів важливу роль при забезпеченні життєздатності насіння відіграють метаболіти фенольної та каротиноїдної природи.

Мета роботи – з'ясувати діагностичну значимість параметрів спектрів відбиття для контролю накопичення фенольних та каротиноїдних антиоксидантів у насінні деревних рослин.

Об'єкти дослідження – насіння *Aesculus hippocastanum* L. та *Robinia pseudoacacia* L., що сформовано в умовно чистій та технозабрудненій зонах. Спектри відбиття зразків у діапазоні 350–800 нм отримували на спектрофотометрі Specord M40, обладнаному інтегрувальною фотометричною сферою. Інтенсивність спектрів визначали в одиницях абсорбції.

У спектрах зрізу насіння *A. hippocastanum* встановлено максимуми, які обумовлені хромофорами у складі фенольних сполук (365, 385 нм) і каротиноїдів (450, 480 нм). Селективність прояву цих хромофорів дозволяє проводити порівняльний аналіз накопичення антиоксидантів різного класу за інтенсивністю аналітичних максимумів. За умов техногенного забруднення рівень накопичення фенольних сполук залишався майже незмінним, а для каротиноїдів підвищувався на 67%. Для *R. pseudoacacia* встановлено накопичення фенольних пігментів, які локалізовані в поверхневих тканинах насіння. У спектрі суцільного насіння (контроль) спостерігалась широка смуга з максимумами при 365 і 394 нм. Для дослідного зразка характерний прояв додаткової високоінтенсивної смуги з максимумами при 530, 555 і 580 нм, обумовлені підвищенням накопиченням поліфенолів (на 46%).

Отримані результати підтверджують можливість використання спектроскопії відбиття для діагностики рівня антиоксидантів, які забезпечують підвищення стійкості рослин за умов техногенного забруднення.

**Вплив провідності на процес прецесійного перемикавання
намагніченості однодомених наночастинок**

Педченко Б.О., студент; Лютий Т.В., докторант;
Денисов С.І., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Одновісні феромагнітні наночастинок мають великий потенціал практичних застосувань, в тому числі в запам'ятовуючих пристроях з надщільною густиною запису інформації. В цих пристроях частинки грають роль носіїв інформації, а два рівноважних напрямки їх намагніченості відповідають логічним нулю і одиниці. Для здійснення запису інформації в таких пристроях може бути використаний метод прецесійного перемикавання, що полягає в керованій зміні напрямку намагніченості частинки під дією надкороткого імпульсу магнітного поля, прикладеного перпендикулярно до легкої осі.

В роботі вивчається вплив магнітного поля вихрових струмів, які індукуються в однодомених частинках провідних феромагнетиків, на процес прецесійного перемикавання намагніченості. Для опису динаміки намагніченості використано ефективно рівняння Ландау-Ліфшиця-Гільберта [1], в якому дію вихрових струмів, індукованих імпульсом магнітного поля, враховано шляхом введення додаткового магнітного поля, а дію вихрових струмів, індукованих рухом намагніченості, – шляхом введення додаткового параметра загасання електродинамічної природи. Чисельний розв'язок цього рівняння показав, що саме додатковий параметр загасання відповідальний за основні особливості прецесійного перемикавання намагніченості, які зумовлені провідністю частинки, тоді як додатковим магнітним полем практично завжди можна знехтувати. Для більш детального вивчення ролі провідності нами були побудовані діаграми перемикавання у змінних “тривалість – амплітуда” імпульсу магнітного поля для діелектричних і провідних частинок та проведено їх порівняльний аналіз. Встановлено, що провідність може суттєво змінити як умови виникнення, так і характер прецесійного перемикавання намагніченості.

1. S.I. Denisov, T.V. Lyutyu, B.O. Pedchenko, H.V. Babych. *J. Appl. Phys.* **116**, 043911 (2014).

Залежність параметрів низькочастотної дисперсії від одновісного тиску у кристалах GaSe

Флюнт О.Є., старший науковий співробітник

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів

В частотному діапазоні діелектричного спектра, в якому домінує низькочастотна дисперсія (НЧД), дійсна ε_1 та уявна ε_2 частини відносної діелектричної проникності зростають з пониженням частоти ω змінного електричного поля відповідно до степеневому закону $1/\omega^{1-n}$ з малими значеннями n . З пониженням частоти на декілька порядків дійсна та уявна частини діелектричної проникності матеріалу можуть зрости на, приблизно, таке ж саме значення порядків. Не зважаючи на великі значення діелектричної проникності та діелектричних втрат на низьких частотах, детальні дослідження НЧД часто вказують саме на об'ємний характер процесів поляризації. Основними параметрами, якими характеризують НЧД є показник степеня n та енергія активації E_a , яку отримують за зміщенням спектра зі зміною температури. Залежність параметрів НЧД та її характер поведінки під дією одновісного механічного тиску важливі як для оптимізації параметрів напівпровідникових приладів на основі матеріалів з НЧД, так і для кращого розуміння фізичних процесів, які приводять до діелектричного відгуку цього типу.

Для прогнозування поведінки НЧД зі зміною одновісного тиску середовище розглядали, як дисперсню від частоти систему, у якій концентрація ефективних диполів розподілена за часами релаксації відповідно до степеневому закону з нецілими значеннями показника степеня n . Необхідні для оцінок чисельні значення чутливості параметрів ефективних диполів до одновісного тиску отримані з експериментальних діелектричних спектрів з $n \approx 0,8$ для кристалів GaSe [1]. Показано, що зміна діелектричної проникності та діелектричних втрат під дією одновісного тиску в діапазоні домінування НЧД залежить від властивостей ефективних диполів, часи релаксації яких розподілені у широкому діапазоні за значеннями у напрямі збільшення від величини, яке відповідає вибраній частоті.

1. Й.М. Стахіра, О.Є. Флюнт, Я.М. Фіяла, *Укр. фіз. журн.* **56**, 267 (2011).

**Влияния одноосного вращения на изохорное теплосоппротивление
молекулярных кристаллов**

Ревякин В.П., доцент; Константинов В.А., профессор;
Саган В.В., доцент; Карачевцева А. В., аспирант
Физико-технический институт низких температур
имени Б. И. Веркина НАН Украины, г. Харьков

Специфическим примером ориентационно разупорядоченной (или «пластической») фазы являются вещества состоящие из циклических молекул, в которых вращение молекул происходит вокруг одной выбранной оси. Влияние такого рода движения на теплоперенос в молекулярных кристаллах сравнительно слабо изучено. При температурах порядка Дебаевской ($T \geq \Theta_D$) для корректного сопоставления с теорией, необходимы данные об изохорной теплопроводности, поскольку при таких исследованиях исключается влияние теплового расширения (для молекулярных кристаллов изменение объема в кристаллической фазе достигает 30%).

Целью данной работы было выявление влияния одноосного вращения на изохорное теплосоппротивление молекулярных кристаллов. В качестве объектов исследования были выбраны: бензол C_6H_6 , циклогексан C_6H_{12} , циклопентан C_5H_{10} и фуран C_4H_4O .

Экспериментально было показано, что для всех этих веществ наблюдается отрицательная температурная зависимость изохорного теплосоппротивления [1-4], что свидетельствует о значительном влиянии ориентационного движения молекул на процессы переноса тепла и связано с переходом молекул к заторможенному вращению. Наименее выражен данный эффект в случае C_6H_6 , что может указывать на относительно большее нецентральное взаимодействие в нем по сравнению с C_6H_{12} , C_5H_{10} и C_4H_4O .

Приводятся доводы, согласно которым делается вывод, что угол наклона и особенно знак температурной зависимости изохорного теплосоппротивления может служить удобным критерием наличия «пластической» фазы в молекулярных кристаллах, наряду с критерием Тиммермана $\Delta S_{nl} < 2,5R$.

1. O.I. Pursky, N.N. Zholonko, V.A. Konstantinov, *Low. Temp. Phys.* **29**, No9-10, 771 (2003).
2. V.А. Konstantinov, V.P. Revyakin, V.V. Sagan, O.I. Pursky, V.M. Sysoev, *J. Exp. Theor. Phys.* **112**, No2, P. 220 (2011).
3. V.A. Konstantinov, V.V. Sagan, V.P. Revyakin, A.V. Karachevtseva, O.I. Pursky, *Cent. Eur. J. Phys.* **12(9)**, 654 (2014).
4. V.A. Konstantinov, V.V. Sagan, V.P. Revyakin, A.V. Zvonaryova, and O.I. Pursky // *Low Temp. Phys.* **39** No5, 606 (2013).

Вплив вологості будівельних матеріалів на послаблення радіохвиль в діапазоні 2,3 ГГц – 8 ГГц

Сатюков А.І., доцент; Журко В.П., старший викладач

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів

В останній час все більшого застосування знаходять системи, робота яких пов'язана з проходженням радіохвиль НВЧ діапазону крізь різні будівельні матеріали.

Визначальним фактором в багатьох випадках є наявність молекул води в різноманітних матеріалах. Відомо, що ефективність поглинання радіохвиль водою починає падає при збільшенні частоти понад 2,6 ГГц, але це стосується лише чистої води. Вода в будівельних матеріалах є специфічним розчином з великим різноманіттям компонентів. Звичайно, взаємодія молекул води з хвилями має місце, проте до неї додається взаємодія хвиль з домішками багатьох будівельних матеріалів, відбувається перехід молекул води в зв'язаний стан. Крім того, будівельні матеріали досить часто є неоднорідними. Всі ці фактори призводять до досить складних спектральних залежностей взаємодії радіохвиль з будівельними матеріалами.

Авторами вивчався вплив вологості будівельних матеріалів на проходженні НВЧ сигналів через них. В якості найбільш цікавих результатів вимірювань можна відмітити наступне:

1. Максимальне послаблення сигналів спостерігалось у бетонних та цегляних зразків, а також у керамічної плитки. У бетону воно сягало 9 Дб/см при вологості 10% та на частотах 5-8 ГГц. Значно послаблювала радіохвилі плитка оздоблювальна - до 8 Дб/см на частотах 3,7 – 5 ГГц.

2. Мінімальне послаблення сигналів (4,5 та 5,5 Дб/см) спостерігалось на частотах 3-3,7 ГГц у цегли червоної та силікатної.

3. Не спостерігалось яскраво визначених мінімумів та максимумів у таких матеріалів як деревина, пінобетон, гіпс будівельний.

В цілому мінімальне послаблення радіохвиль вологими будівельними матеріалами відзначалось в інтервалі 2,8 – 3,2 ГГц.

Хвильова функція і поляризаційні параметри дейтрона

Гайсак І.І., доцент; Жаба В.І., старший викладач
Ужгородський національний університет, м. Ужгород

Дейтрон є найпростішим ядром, яке складається з двох сильно взаємодіючих частинок – протона і нейтрона. Простота будови дейтрона робить його зручною лабораторією для вивчення нуклон-нуклонних сил. Але, незважаючи на досить добрий теоретичний опис експериментальних величин параметрів дейтрона, існують певні теоретичні неузгодженості. Наприклад, в деяких теоретичних роботах одна (Боннський потенціал) або обидві (Московський потенціал) компоненти хвильової функції мають вузли поблизу початку координат. Така поведінка хвильової функції суперечить загальній математичній теоремі про число вузлів власних функцій крайових задач. Основному стану системи відповідає функція без вузлів в середині інтервалу крайової задачі. Наявність вузлів в хвильових функціях основного (і єдиного) стану дейтрона може вказувати на існування певних неузгодженостей у реалізації чисельних алгоритмів, які застосовуються в подібних задачах. Відсутні вузли хвильової функції дейтрона в координатному представленні для Неймегенської групи потенціалів, для потенціалів Argonne v14 і v18, для Парижського (Paris) потенціалу, а також в теоретико-польовому розгляді двонуклонних систем.

У координатному та імпульсному представленнях чисельно розраховано хвильову функцію дейтрона для потенціалів Yukawa, Reid93 [1] і Argonne v18 [2]. Розраховані хвильові функції дейтрона не містять лишніх вузлів. Поведінка хвильової функції поблизу початку координат залежить від вибору асимптотики. По отриманих хвильових функціях розраховані поляризаційні характеристики дейтрона: компоненту тензора чутливості до поляризації дейтронів T_{20} , поляризаційну передачу K_0 і тензорну аналізуючу здатність A_{yy} . Крім результатів для потенціалу Yukawa, отримані характеристики співзмірні з раніше опублікованими.

1. V.G.J. Stoks, R.A.M. Klomp, C.P.F. Terheggen, et al., *Phys. Rev. C* **49**, 2950 (1994).
2. R.B. Wiringa, V.G.J. Stoks, R. Schiavilla, *Phys. Rev. C* **51**, 38 (1995).

Дослідження температурної залежності імпедансу водних розчинів

Бордун І.М.¹, доцент; Пташник В.В.², інженер;
Наконечна О.М.¹, студент

¹Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

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

Імпедансна спектроскопія є сучасним методом визначення інтегральних характеристик природної води та різних розчинів. Суть методу полягає у вимірюванні частотних залежностей активного та реактивного опору, подальшому виборі еквівалентних схем заміщення та встановленні їх параметрів. Температура досліджуваного середовища є важливим показником, отже, перевірка стійкості схем заміщення до змін температури є важливою прикладною задачею.

Для вимірювання та аналізу залежності імпедансних годографів технічної води та розчину NaCl з концентрацією 0,001 моль/л від температури використано імпедансний спектрометр AutoLAB PGSTAT-100 з модулем FRA та програму ZView 2.0. Оскільки діаграми Найквіста обох розчинів були подібними, то моделювання усіх одержаних температурних залежностей здійснено за схемою, представленою на рис. 1, а його результати наведено у табл. 1.

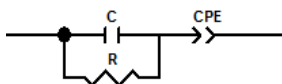


Рисунок 1 – Еквівалентна схема заміщення.

Таблиця 1 – Результати моделювання: вода технічна / розчин NaCl.

T, °C	R, Ом	C, пФ	CPE-T	CPE-P
22	359,9 / 1257	77,3 / 63,4	$2,72 \cdot 10^{-5} / 3,47 \cdot 10^{-5}$	0,82 / 0,74
27	333,4 / 1118	69,7 / 64,6	$3,30 \cdot 10^{-5} / 4,08 \cdot 10^{-5}$	0,81 / 0,74
32	302,2 / 1011	67,4 / 61,5	$3,94 \cdot 10^{-5} / 4,60 \cdot 10^{-5}$	0,80 / 0,74
37	273,5 / 925	65,1 / 61,1	$4,95 \cdot 10^{-5} / 5,34 \cdot 10^{-5}$	0,80 / 0,74
42	247,6 / 847	49,7 / 57,4	$6,16 \cdot 10^{-5} / 5,85 \cdot 10^{-5}$	0,78 / 0,74

Паралельна RC-ланка моделює утворення подвійного електричного шару на поверхні електродів, а наявність у еквівалентних схемах елементу постійної фази CPE може бути непрямим доказом супрамолекулярної структури водних розчинів.

Дипольный момент молекулы красителя при конформационных превращениях

Великодная В.В., *аспирант*; Рыжков А.С., *студент*;
Лопаткин Ю.М., *профессор*; Кондратенко П.А., *профессор*
Сумский государственный университет, г. Сумы
Национальный авиационный университет, г. Киев

В данной работе рассматривались процессы изомеризации и их влияние на излучательные процессы в возбуждённых молекулах триметинового красителя, у которого можно выделить три изомера: транс (I), цис (II) и цис-цис (III). В процессе преобразования изомера I в изомер II изменяется величина дипольного момента молекулы.

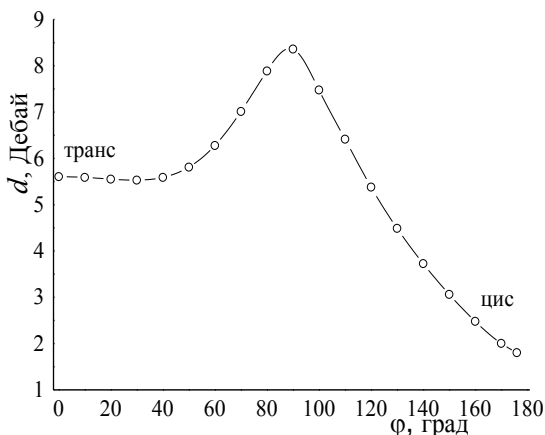


Рисунок 1 – Зависимость величины дипольного момента молекулы(I) от угла поворота фрагментов молекулы вокруг связи С-С в метиновой группе.

Увеличенная величина дипольного момента молекулы, которая определяется распределением заряда в катионе, свидетельствует о возможности увеличения энергии взаимодействия переходного состояния молекулы с растворителем, а, следовательно, об уменьшении высоты потенциального барьера для темного перехода между изомерами.

Теоретико-групповой анализ электронной и колебательной структуры молекулы

Великодная В.В., *аспирант*; Лопаткин Ю.М., *профессор*;

Кондратенко П.А., *профессор*

Сумский государственный университет, г. Сумы

Национальный авиационный университет, г. Киев

С целью изучения процессов релаксации энергии из возбуждённых электронных состояний многоатомных молекул необходимо исследовать энергетическую структуру и электронно-колебательные взаимодействия в них. В данной работе в качестве модельной молекулы рассмотрен катион красителя диоксазолтриметинцианина.

При исследовании использованы теоретико-групповой анализ и квантово-механические методы расчёта, в частности, метод MNDO/d.

Исследуемая молекула катиона диоксазолтриметинцианина имеет в основном состоянии симметричную структуру, которая описывается группой симметрии C_{2v} . Проанализирована симметрия молекулярных орбиталей (МО) (табл.1) и колебательных мод молекулы.

Таблица 1 – Симметрия МО.

№ МО	Симметрия и тип МО	№ МО	Симметрия и тип МО	№ МО	Симметрия и тип МО
29	A_1 σ -МО	34	B_2 π -МО	39	B_1 σ -МО
30	B_2 π -МО	35	A_2 π -МО	40	A_1 σ -МО
31	A_2 π -МО	36	B_2 π -МО	41	B_1 σ -МО
32	B_2 π -МО	37	A_2 π -МО	42	B_2 π -МО
33	A_2 π -МО	38	A_1 σ -МО	43	A_1 σ -МО

Рассмотрены полносимметричные колебания исследуемой молекулы, которые дают структуру длинноволновой полосы в спектре поглощения. Переход молекулы к другим геометрическим структурам сопровождается значительным понижением симметрии молекул. Это будет способствовать проявлению в спектре электронного поглощения других колебательных частот молекулы, а, следовательно, и изменению формы длинноволновой полосы поглощения. Теоретико-групповой анализ исследуемой молекулы позволил систематизировать колебательные и электронные квантовые переходы, идентифицировать полосы в спектрах поглощения.

Потенциальная 3D-поверхность молекулы спиропирана

Коваленко О.А., *аспірант*; Гусев В., *студент*;
Лопаткин Ю.М., *професор*; Кондратенко П.А., *професор*
Сумский государственный университет, г. Сумы
Национальный авиационный университет, г. Киев

Фотохромизм – процесс обратимого изменения спектра поглощения, индуцированного излучением различных длин волн. Материалы, проявляющие фотохромные свойства, находят широкое применение в молекулярной электронике, в оптических носителях информации и сенсорах. Среди наиболее важных классов органических фотохромных соединений являются спиропираны.

Фотохромные свойства спиропирана обусловлены фотоиндуцированным разрывом связи $C_{\text{спиро}}-O$ и переходом в открытую форму молекулы – мероцианин. Этот процесс является обратимым.

В данной работе был исследован процесс перехода от мероцианина к спиропирану и обосновано присоединение атома О к атому $C_{\text{спиро}}$, то есть возвращение молекулы в исходное состояние. Для этого была построена потенциальная 3D-поверхность молекулы спиропирана.

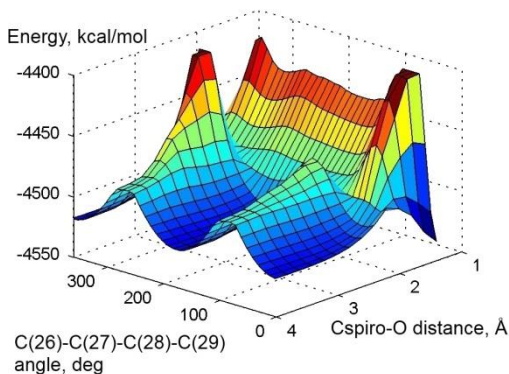


Рис.1. Потенциальная 3D-поверхность молекулы спиропирана.

Из рис.1 видно, что в молекуле возможно образование потенциальных своего рода "энергетических желобов", которые приводят к однозначному результату, а именно, к образованию связи между вполне определёнными атомами.

Энергетическая структура молекулы спиропирана

Коваленко О.А., *аспирант*; Лопаткин Ю.М., *профессор*;
Кондратенко П.А., *профессор*
Сумский государственный университет, г. Сумы
Национальный авиационный университет, г. Киев

Предполагается, что компьютеры будущего будут использовать элементную базу на молекулярном уровне. Поэтому, в последние годы большое внимание уделяется фотохромным материалам, которые подвергаются светоиндуцированной трансформации между двумя формами, имеющими различные спектры поглощения. Среди наиболее важных классов органических фотохромных соединений являются спиропираны и их аналоги [1].

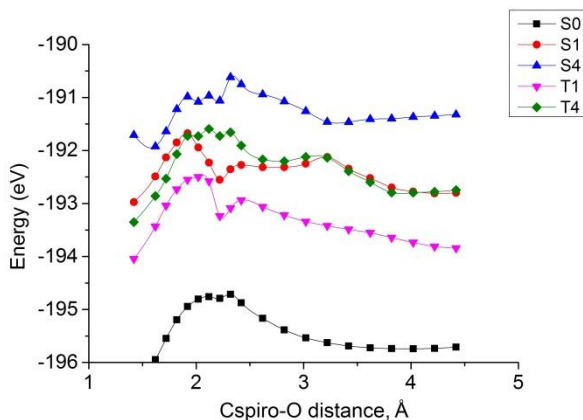


Рисунок 1 –
Энергетическая
структура
спиропирана.

В данной работе выполнен расчет энергетической структуры основного S_0 и низших возбужденных состояний молекулы спиропирана (рис.1). Анализ энергетической структуры позволяет предположить механизм фотохимических реакций в молекуле спиропирана, согласно которому реакция протекает не в основном, а с задействованием низколежащих возбужденных состояний.

1. Yoichi Kodama, Takakazu Nakabayashi, et al., *J. Phys. Chem.* **104**, 11478 (2000).

Лазерна соляризація на поверхні мікрокристалів AgBr

Півень Олександр Б., *асистент*; Півень Олег Б., *доцент*;
Лопаткін Ю.М., *професор*

Черкаський технологічний університет, м. Черкаси
Сумський державний університет, м. Суми

Серед явищ, які зв'язані з утворенням центрів прихованого зображення (ЦПЗ), значний інтерес викликає лазерна соляризація. Соляризація – це зменшення проявленої оптичної густини D при довготривалих експозиціях фотошару світлом, яке створює в ньому ЦПЗ, що пов'язане з областями недосконалої кристала. Соляризація легше отримується від червоного та інфрачервоного світла при утворенні видимого почорніння фотоемulsії. При соляризації утворюються ЦПЗ більші проявлюваного розміру ($20 \text{ \AA} - 100 \text{ \AA}$), які частково втрачають здатність проявлятися, тобто відбувається інактивація частинок срібла.

В даній роботі одержані результати прямого спостереження процесу утворення центрів та часові залежності концентрацій дірок, атомів та іонів срібла, об'єму згустку для соляризації при одночасному засвічуванні двома лазерними випромінюваннями з $\lambda = 440 \text{ нм}$ і $\lambda = 633 \text{ нм}$. При одночасному засвічуванні двома лазерами утворюється кількість атомів на 10^2 більше у мінімальному згустку та на 10^4 більше у максимальному згустку, ніж від теплового джерела світла і значно меншому часі експозиції лазерним світлом фотоемulsії, утворюється значно більші ЦПЗ при соляризації і наступає швидше їх інактивація. Більші по розміру ЦПЗ приєднують електрони, які виникли при нагріванні МК AgBr, ріст протуберанців (срібні нитки, які утворюються при лазерній соляризації без проявлення мікрокристалу AgBr) уповільнюється, що веде до зменшення D . Установлено, що якщо частинка срібла росте, то при досягненні розміру 10 \AA в діаметрі вона обов'язково закристалізується. Знаючи об'єм одного атома срібла в кристалі, можливо знайти кількість атомів в мінімальному і максимальному срібному згустку у формі кулі. Визначається значення мінімального і максимального радіусів згустку Ag. В роботі виявлено лазерну соляризацію в формі кристалічної несучільної плівки срібла, при цьому інактивація ЦПЗ не є причиною лазерної соляризації.

Индукцированная взаимно-коррелированными шумами бистабильность: явные выражения стационарной плотности вероятности

Витренко А.Н., *старший преподаватель*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Индукцированную шумом бистабильность открыли в конце 70-х [1]. Исследовались специальные стохастические дифференциальные уравнения (СДУ), в которых появлялись два устойчивых состояния, невозможные при детерминированном описании (генетическая модель, модель Хонглера). СДУ вводились из математических соображений, а не из физических законов. В 2001 году обнаружили реалистичную схему химической реакции (модель Тогаши–Канеко) с аналогичным поведением, более того, с тем же самым механизмом [2].

В 2003 году изучалось специальное СДУ с двумя взаимно-коррелированными гауссовскими белыми шумами, один из которых – мультипликативный, другой – аддитивный [3]. Анализируя точное в виде квадратуры выражение стационарной плотности вероятности параметра системы $x(t)$, было установлено, что взаимная корреляция шумов r ($|r| \leq 1$) может приводить к бистабильности в системе.

Цель данной работы – классифицировать полученную в [3] стационарную плотность вероятности. Для этого записывается явно ее выражение через элементарные функции, которое при $|r| < 1$ можно представить в виде $P(x) = C(1 + x^2)[p(x)]^{-\alpha} \exp\{-ax^2 - b \operatorname{arctg}[q(x)]\}$, где C – константа нормировки; α , a , b – некоторые параметры; $q(x)$, $p(x)$ – четные многочлены 2-й и 4-й степени, соответственно. Приблизительно рассматривается частный случай, для которого показывается, что данная плотность вероятности в области $|x| \ll 1$ может сводиться к известному U -квадратному распределению, применяемому для моделирования симметричных бистабильных процессов.

1. В. Хорстхемке, Р. Лефевр, *Индукцированные шумом переходы* (Москва: Мир: 1987).
2. T. Biancalani, *The influence of demographic stochasticity on population dynamics* (Springer: 2014).
3. S.I. Denisov, et al., *Phys. Rev. E.* **68**, 046132 (2003).

Теплопроводность молекулярных кристаллов в ориентационно-упорядоченной фазе

Романцова О.О., кандидат физико-математических наук;
Кривчиков А.И., доктор физико-математических наук
Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина
Национальной академии наук Украины, г. Харьков

Интерес к проблеме теплопроводности молекулярных кристаллов возник давно, поскольку теплопроводность является фундаментальным свойством, определяющим пределы использования исследуемого материала. Теплопроводность диэлектрических кристаллов имеет вид колокола с ярко выраженным максимумом и может меняться по величине на несколько порядков в зависимости от температуры и качества кристалла.

В данной работе было проведено исследование высокотемпературного поведения теплопроводности молекулярных кристаллов в зависимости от его структурных характеристик, в первую очередь от Z – числа молекул в элементарной ячейке. Был проведен анализ как экспериментальных, так и литературных данных по теплопроводности ориентационно-упорядоченных молекулярных кристаллов, в частности: ряда спиртов [1], инертных газов (Ar, Kr, Xe) [2], тетрагидрофурана, цианоциклогексана, этана, антрацена, и др. Было показано, что теплопроводность данных веществ может быть описана, как сумма двух вкладов: от распространяющихся фононов и от локализованных “диффузных” мод. В общем случае вклад от локализованных “диффузных” мод обратно пропорционально зависит от числа Z молекул в элементарной ячейке и не зависит от температуры. Предложено качественное объяснение, заключающееся в том, что сильная гибридизация акустических фононов и низкочастотных оптических возбуждений фононов упорядоченного кристалла является основным фактором, который влияет на теплоперенос в молекулярном кристалле.

1. A.I. Krivchikov, A.N. Yushchenko, et al., *Phys. Rev. B* **77**, 024202 (2008).
2. V.A. Konstantinov, V.G. Manzhelii, et al., *Low Temp. Phys.* **14**, 90 (1988).

Методика оценки электроотрицательности атомов и заместителей в молекуле

Коваленко О.А., *аспирант*; Малашенко А.Г., *студент*;
Лопаткин Ю.М., *профессор*; Кондратенко П.А., *профессор*
Сумский государственный университет
Национальный авиационный университет, г. Киев

Для оценки способности отдельного атома смещать к себе электронные пары в физике вводится такая величина как электроотрицательность. Возникла необходимость ввести подобную характеристику для совокупности атомов.

Исходя из предположения, что перераспределение зарядов вызывает появление потенциального барьера при конформационных преобразованиях, а его высота должна зависеть от степени этого перераспределения, в данной работе предложена экспресс-методика оценки электроотрицательности сложного заместителя. Для проверки того, что методика имеет право на существование, квантово-механическим методом MNDO/d были проведены расчёты потенциальных барьеров в молекуле пероксида фтора с различными атомами в качестве заместителей и данные были сопоставлены с уже известными величинами электроотрицательности этих атомов.

Таблица 1 – Электроотрицательность атомов

	F	O	Br	H	Li	Na
В данной работе	16	9	14	8	0,17	0,2
[1]	9,91	8,11	6,13	2,70	0,75	0,65
[2]	20,871	15,085	14,21	14,353	5,983	5,479

Полученные результаты говорят в пользу предлагаемой экспресс-методики оценки характеристики для заместителей молекул, подобной электроотрицательности для элементов.

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электроотрицательность>
2. П.О. Кондратенко, *Фотохімічна дія світла* (Київ:ВПЦ "Київський університет: 2005).

**Вынужденное сферическое движение магнитной частицы в
жидкости: термические эффекты**Лютый Т.В., *докторант*; Денисов С.И., *профессор*;Рева В.В., *аспирант*

Сумский государственный университет, г. Сумы

Реалистичное описание сферического движения ферромагнитной наночастицы в вязкой жидкости является нетривиальной и актуальной проблемой. В частности, эта задача напрямую связана с нагреванием ферромагнитной жидкости переменным магнитным полем, а, также, с формированием ее структуры при действии внешних, в том числе, переменных полей. Указанные аспекты являются принципиальными для нового метода терапии раковых заболеваний – магнитной гипертермии [2].

Роль тепловых флуктуаций в динамике для достаточно малых частиц (< 20 нм) может быть определяющей, что обуславливает интерес к статистическому описанию. В рамках модели частицы с замороженным магнитным моментом [1] для нахождения основной статистической характеристики – плотности вероятности – необходимо решить двумерное уравнение Фоккера-Планка. Решение данного уравнения было найдено в стационарном случае для достаточно малых частот действующего на частицу циркулярно-поляризованного поля, совместно со статическим полем, перпендикулярным к плоскости поляризации.

С помощью численного решения соответствующей системы уравнений Ланжевена [1] были подтверждены аналитические результаты в области низких частот. Дальнейшие исследования во всем частотном диапазоне позволили выявить особенности стохастического поведения наночастицы, а также, плотности вероятности ее вращательных состояний, обусловленных неоднородной прецессией.

Численно исследована зависимость среднего значения магнитного момента $\langle m_z \rangle$ вдоль направления статического поля от амплитуды и частоты поля, циркулярно-поляризованного в плоскости, перпендикулярной к статическому полю. В частности, показано, что величина $\langle m_z \rangle$ растет с ростом частоты и уменьшается с амплитудой.

1. Yu.L. Raikher, and M.I. Shliomis, *Adv. Chem. Phys.* **87**, 595 (1994).
2. A. Jordan, et al., *J. Magn. Magn. Mat.* **201**, 413 (1999).

Вплив електричного поля на молекулу дифенілу з замісником NO₂

Малашенко Г.Г., студент; Павлюк М., студент;
Лопаткін Ю.М., професор; Кондратенко П.О., професор
Сумський державний університет, м. Суми
Національний авіаційний університет, м. Київ

Одним з актуальних завдань молекулоники є пошук і створення молекулярних структур, які в результаті самоорганізації набувають необхідних досліднику властивостей і зможуть в подальшому відігравати роль елементів електронних схем, наприклад, молекулярного транзистора. У випадку молекули дифенілу це може здійснюватися, коли під впливом електричного поля кільця молекули дифенілу повертаються один відносно іншого на деякий кут, щоб завдяки збільшенню перекриття π -орбіталей двох фенільних кілець збільшити ймовірність переносу електричного заряду через молекулу.

Результати розрахунку молекули дифенілу з замісником R=NO₂ представлені в табл.1. Початковий кут без поля виявився близьким до 90°, а кут повороту між фенільними кільцями при накладанні електричного поля виявився аномально великим, що можна пояснити зміною дипольного моменту молекули у результаті перерозподілу заряду, що в свою чергу приводить до відносного повороту фенільних кілець.

Таблиця 1 – Залежність енергії зв'язку W_{\min} молекули, мінімального кута між фенільними кільцями φ_{\min} та різниці між цими кутами та кутом без поля $\Delta\varphi$ від напруженості електричного поля E

E , В/нм	W_{\min} , еВ	φ_{\min} , град.	$\Delta\varphi= \varphi-\varphi_{\min} $
12,85	-144,92	71,8881	17,2992
10,28	-142,38	81,2468	7,9405
5,14	-141,08	82,7801	6,4072
0	-140,44	89,1873	0
-5,14	-140,93	93,8176	4,6303
-10,28	-142,25	101,491	12,3037
-12,85	-143,14	108,176	18,9887

Врахування ефектів анізотропії в орієнтації дископодібних кластерів при розрахунку кристалографічних параметрів

Яремій І.П., доцент; Томин У.О., провідний фахівець;
Уманців М.М., аспірант

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

Для використання напівпровідникового матеріалу в електроніці важливо володіти знаннями про його дефектну структуру. Наявність дефектів (як ростових, так і цілеспрямовано наведених) впливає на фізичні властивості матеріалу, що, в свою чергу, визначатиме особливості роботи напівпровідникового елемента. У випадку сферично несиметричних дефектів (дислокаційні петлі, дископодібні кластери) важливо знати не тільки концентрацію та розміри дефектів, а й їх просторову орієнтацію.

Визначити характеристики дефектів дає можливість статистична динамічна теорія розсіяння X-променів [1], в якій коефіцієнт відбивання від кристалу з однорідно розподіленими дефектами задається сумою когерентної (розсіяння на «квазіідеальній» частині монокристалу) та дифузної (відповідає розсіянню на дефектах різних типів) компонент. Чутливими до дефектів кристалографічними параметрами є статичний фактор Дебая-Валлера $E = \exp(-L)$ та коефіцієнт поглинання внаслідок дифузного розсіювання на дефектах μ_{DS} . Співвідношення для даних параметрів, які дають можливість врахувати анізотропію в орієнтації призматичних дислокаційних петель, записані авторами [2]. Аналогічний підхід дав можливість розрахувати E та μ_{DS} для випадку наявності в кристалі дископодібних кластерів. Теоретичні криві дифракційного відбивання, змодельовані з урахуванням наявності в кристалі дископодібних кластерів певної орієнтації суттєво відрізняються від кривих, отриманих в припущенні, що кластери формуються у всіх кристалографічно еквівалентних площинах з однаковою імовірністю, та краще наближують експериментальні криві гойдання.

1. Л.И. Даценко, В.Б. Молодкин, М.Е. Осиновский, *Динамическое рассеяние рентгеновских лучей реальными кристаллами* (Киев: Наук. думка: 1988).
2. Б.К. Остафійчук, І.П. Яремій, У.О. Томин, та ін., *ФХТТ* **14**, 202 (2013).

Електрон-фононна та електрон-електронна взаємодії в спектрах КРС та поглинання кристалів

Романюк Ю.А., аспірант; Яремко А.М., професор
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова
НАН України, м. Київ

Метод раманівського розсіювання світла (КРС), є ефективним методом який використовується для вивчення оптичних властивостей твердих тіл. У роботі [1] було теоретично розглянуто КРС в кристалах за допомогою формалізму функцій Гріна (ФГ). Також враховано сильну електрон-фононну взаємодію і проаналізовано експериментальні спектри КРС деяких кристалів. Проте, особливості впливу електрон-електронної взаємодії на характер спектрів КРС не було враховано і в літературі ці питання не досліджені.

У нашій роботі ми не розрізняємо кристали з вузькими або широкими типами зон, тобто органічні або напівпровідникові. Нами було розвинуто багаточастинковий підхід та враховано вплив зонних параметрів кристалів на інтенсивність раманівського розсіювання та поглинання. Теоретичне досліджено цих процесів в кристалах виконано за допомогою формалізму функції Гріна (ФГ).

Метою нашого дослідження було врахування обох: електрон-електронної і електрон-фононної взаємодій на спектри КРС і поглинання, подібно як це робилося в роботі [2].

Таким чином в роботі враховано обидва типи взаємодії електрон-фононної, та електрон-електронної, що дає можливість порівняти вплив відповідних констант взаємодії на особливості форми спектрів КРС та поглинання. Зроблені чисельні розрахунки з варіюванням деяких параметрів порівняно з експериментальними для кристалів із сильною електрон-фононою взаємодією. Проаналізовані різні випадки зонної структури цих кристалів і впливу на неї параметрів моделі.

1. А.М. Yaremko, V.V. Koroteev, V.O. Yukhymchuk, V.M. Dzhagan, H. Ratajczak, A.J. Barnes, B. Silvi, *Chemical Phys.* **388**, 57 (2011).
2. А.М. Yaremko, V.M. Dzhagan, V.O. Yukhymchuk, T.L. Linnik, H. Ratajczak, J. Baran, A.J. Barnes, *Journal of Molecular Structure* **976**, 205 (2010).

Проводимость Вигнеровского кристалла над жидким гелием. Модельный расчет

Сивоконь В.Е., кандидат физико-математических наук;

Щарапова И.В., кандидат физико-математических наук

Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина
Национальной академии наук Украины, г. Харьков

Вигнеровский кристалл на поверхности жидкого гелия – это пространственно упорядоченное состояние двумерной системы классических частиц с кулоновским взаимодействием.

При воздействии на кристалл внешним электрическим полем, направленным вдоль поверхности жидкости (ведущим полем), наблюдается немонотонное изменение проводимости слоя при увеличении поля.

В работе [1] было обнаружено резкое изменение проводимости вигнеровского кристалла при уменьшении прижимающего потенциала. Предполагалось, что причиной резких изменений в проводимости может быть нарушение кристаллического порядка при снижении прижимающего поля. В работе [2] в качестве возможного механизма было рассмотрено «испарение» электронов на вышележащие поверхностные уровни.

В данной работе продолжены экспериментальные исследования проводимости электронного кристалла при уменьшении прижимающего потенциала и на основе модельных расчетов предлагается другая возможная причина наблюдаемого поведения проводимости.

Результаты модельных расчетов показали, что уменьшение прижимающего поля приводит к перераспределению электронов так, что их поверхностная плотность увеличивается от центра слоя к его краю, причем определенный порядок в расположении электронов сохраняется. Кроме того, было обнаружено, что даже при небольшом уменьшении прижимающего потенциала активная часть проводимости резко возрастала, т.е. увеличивалось сопротивление слоя.

1. К.А. Наседкин, В.Е. Сивоконь, А.С. Неонета, *Письма в ЖЭТФ* **91**, 652 (2010).
2. В.В. Славин, А.А. Кривчиков, *ФНТ* **38**, 1390 (2012).

Динамика открытой квантовой системы: кубит в поле лазерного излучения

Быстрик Юлия С., аспирантка; Денисов С.В., старший преподаватель
Сумский государственный университет, г. Сумы

В природе существование идеально изолированной квантовой системы невозможно. Любая реальная квантовая система является *открытой*, т.е. она взаимодействует с окружающей средой [1]. Асимптотическое состояние такой системы, «квантовый аттрактор», определяется совместным действием гамильтониана системы и воздействием среды. Мы рассматриваем двухуровневую систему («кубит»), который под воздействием лазерного пучка совершает скачки из текущего состояния в основное/возбужденное и обратно.

Динамика модельной системы описывается уравнением Линдблада [1]:

$$\dot{\rho} = -i[H_S, \rho] + D(\rho), \quad (1)$$

где ρ – матрица плотности системы, H_S – гамильтониан когерентной системы, $D(\rho)$ – «диссипатор», супероператор включающий в себя действие среды. Для решения уравнения (1) мы использовали (а) прямую пропагацию во времени уравнения (1) с помощью split-step метода и (б) метод «квантовых скачков» [1], позволяющий найти решения детерминистического уравнения (1) путем семплирования по стохастическим квантовым траекториям. Полученные результаты демонстрируют хорошее соответствие.

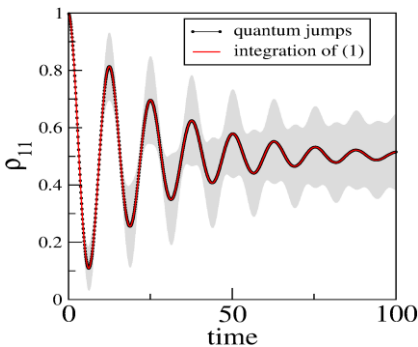


Рисунок 1 – Вероятность $P(t)$ нахождения кубита в основном состоянии как функция t . Начальное состояние кубита – чистое основное состояние. Серым показаны флуктуации вокруг средних значений для метода «квантовых скачков» с $N = 100\,000$ реализациями.

1. Н.-П. Breuer and F. Petruccione, *The Theory of Open Quantum Systems* (Oxford University Press, 2007).

Процессы релаксации в двухуровневых системах

Быстрик Юрий С., аспирант; Денисов С.И., профессор
Сумский государственный университет, г. Сумы

Релаксационные процессы описывают переходы макроскопической системы между равновесными состояниями и представляют большой интерес в силу содержания важной информации об общих механизмах релаксации. Особое внимание уделяют исследованию релаксационных процессов для двухуровневых систем, чьи структурные элементы изменяются согласно дихотомическому процессу. Примером таких систем являются ансамбли однодоменных ферромагнитных наночастиц, у которых вектор намагниченности совершает случайные переходы между двумя равновесными состояниями в результате влияния тепловых флуктуаций. При этом зачастую процессы релаксации изучаются для систем, находящихся под воздействием обобщенной постоянной силы, которая спонтанно переключается [1]. Однако, иногда явление релаксации удобно описывать исходя не из динамических, а чисто вероятностных соображений.

Используя концепцию непрерывных во времени случайных блужданий, получено преобразование Лапласа и соответствующие интегральные уравнения для закона релаксации в случае произвольных плотностей вероятности времени ожидания системы в верхнем и нижнем положении. Вычислены точные выражения для закона релаксации в некоторых частных случаях, а также асимптотическое поведения релаксационной функции при произвольных распределениях времен ожидания с тяжелыми, т.е. имеющими бесконечную дисперсию, и сверхтяжелыми хвостами, для которых все отличные от нуля (даже дробные) моменты бесконечны. Показано, что в зависимости от плотностей вероятности времен ожидания двухуровневые системы демонстрируют разнообразный спектр поведения, включающий экспоненциальное, осциллирующее, медленное степенное и сверхмедленное затухание. Таким образом, предложенный подход особенно удачный для описания явления аномальной релаксации. Все аналитические результаты подтверждены численными расчетами.

1. S. Dattagupta, *Relaxation Phenomena in Condensed Matter Physics* (Academic Press, Orlando, 1987).

СЕКЦІЯ 2

«Наноматеріали»

Дифференциальная термоЭДС примесных двухслойных графеновых лент

Судоргин С.А., кандидат физико-математических наук.
Волгоградский государственный университет, Волгоград

Изучено поведение дифференциальной термоЭДС примесных двухслойных графеновых нанолент с адсорбированными на их поверхности атомами водорода во внешнем электрическом поле. Электронная подсистема двухслойных примесных графеновых нанолент рассматривается в π -электронном приближении и описывается известным дисперсионным соотношением [1]. В квазиклассическом приближении времени релаксации при постоянной концентрации электронов проводимости в линейном приближении по величине градиента температуры получено аналитическое выражение для дифференциальной термоЭДС углеродных наночастиц во внешнем электрическом поле. Предложенный метод позволяет рассчитывать дифференциальную термоЭДС не только при слабых полях, когда параметр $eEb\tau / \hbar T \leq 1$, где b – расстояние между соседними атомами углерода в графене, τ – время релаксации, T – температура, выраженная в энергетических единицах, но и при сильных полях, существенно больших, чем те, которые определены данным условием. Зависимость дифференциальной термоЭДС графеновых лент с адсорбированными на их поверхности атомами водорода от амплитуды внешнего постоянного электрического поля изучалась на основе периодической модели Андерсона.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 14-02-31801).

Руководитель: Лебедев Н.Г., профессор

1. F. Guinea, A.H. Castro Neto, N.M.R. Peres, *Phys. Rev. B.* **73**, 245426 (2006).
2. Ю.А. Изюмов, И.И. Чашин, Д.С. Алексеев *Теория сильно коррелированных систем. Метод производящего функционала* (Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»: 2006).

Implementation of Carbon Nanostructures into the Metal Structure During Heat Treatment

Starovoyt A.G., *professor*; Keush L.G., *PhD student*
National metallurgical academy of Ukraine, Dnipropetrovsk

Carbon nanostructures (CNS), in particular due to their unique structure and properties, found various potential areas of application in advanced technologies [1]. One of the options in the use of CNS is adding them to the metal structure to improve mechanical strength. However, there are certain difficulties in adding CNS to the structure of any metal:

- different specific density;
- thermal stability, which for single-walled carbon nanotubes makes 1200°C, and for multi-walled ones makes 2000°C [2].

In the first case, CNS can float on the surface of the metal, and in the second case, the formation of carbides is possible.

For a better implementation of CNS into the metal structure the use of graphitized firing process of heat treatment is suggested. Steel is subjected to graphitized firing of heat treatment, where a more stable structure is formed in which graphite is formed instead of cementite. The formation of graphite requires large concentration of carbon fluctuations, significant derivation of iron atoms from the front of graphitization and significant addition of carbon atoms.

Steel is heated up to 860°C and kept for a long time to transfer hypereutectoid cementite into graphite, and then it is slowly cooled. The growth of graphite inclusions occurs as carbon is received and iron atoms are evacuated.

It is obvious that in the process of diffusion, adding CNS will allow them to come to the places of graphitization, and moderate steel heating temperature will prevent the reaction of carbon and carbide formation.

1. P.M. Ajayan, T.W. Ebbesen, *Rep. Prog. Phys.* **60** No10, 1025 (1997).
2. А.Г. Ткачев, И.В. Золотухин, *Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур* (Москва: Издат. Машиностроение: 2007).

Дослідження впливу на мікроструктуру нанокompозитного $\text{AlN-TiB}_2\text{-TiSi}_2$ високотемпературного відпалу та імплантації

Смирнова К.В., *студент*; Погребняк О.Д., *професор*
Сумський державний університет, м. Суми

Розвиток сучасної промисловості та аерокосмічної галузі потребує створення нових та удосконалення вже існуючих матеріалів, що дозволяють реалізовувати процеси різання та обробки при високих температурах, швидкостях та великих питомих навантаженнях. Ці задачі можна вирішити методом утворення поверхневих структур з детермінованими властивостями.

У рамках дослідження було використано нанокompозитне аморфне покриття $\text{AlN-TiB}_2\text{-TiSi}_2$, отримане методом імпульсного магнетронного розпилення мішені на поліровані зразки з молібдену, кремнію та сталі. Осаджене покриття відпалювалося при температурі 1300°C та піддавалося імплантації негативними іонами Au^- у високих дозах до 10^{17} см^2 . Після цього було вивчено вплив даних процесів на мікроструктуру нанокompозитного покриття. Фазово-структурний стан досліджувався методами рентгенівської дифрактометрії та високороздільної електронної мікроскопії з мікроаналізом, а твердість та модуль пружності визначались методом наноіндентування з використанням індентора Берковича.

Результати дослідження показали, що при високотемпературному відпалі відбувається утворення фаз розміром 10-15 нм з AlN , AlB_2 , Al_2O_3 и TiO_2 , а іонна імплантація негативних іонів Au^- приводить до фрагментації розмірів нанозерен до 2-5 нм з формуванням “сфероїдів” з Au^- та утворення аморфної оксидної плівки у приповерхневому шарі покриття. Було визначено, що після таких складних для моделювання процесів у нанокompозитному покритті відбувається формування трьох характерних структурних зон: перша зона (40 нм від поверхні) – на тлі аморфноподібної структури, отриманої після відпалу, виділяються утворення кластерного типу розміром 2-3 нм з упорядкованими імплантованими атомами Au^- ; друга (60-100 нм від поверхні) – має аморфноподібну структуру; третя зона (100-230 нм) має кристалічну структуру з фазовою неоднорідністю, яка змінюється в залежності від глибини залягання шару. Ці особливості структури дають можливість матеріалу витримувати дуже важкі умови роботи.

Напівпровідникові властивості поруватого оксиду алюмінію

Сьомкіна О.В., *інженер*; Байрачний Б.І., *професор*
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Поруваті анодні оксидні шари на алюмінії є перспективним матеріалом для створення наноконструкцій з різним функціональним застосуванням. Значний інтерес представляють електричні властивості оксидних плівок, які досліджували за допомогою методу електрохімічної імпедансної спектроскопії (ЕІС). Результати скануючої електронної мікроскопії демонструють, що анодні оксидні структури складаються з двох частин: внутрішній шар – суцільна тонка оксидна плівка бар'єрного типу, зовнішній шар – це масив нанорозмірних пор, орієнтованих перпендикулярно до підкладки [1].

Вимірювання диференціальної ємності і опору оксидів, отриманих на алюмінії чистотою 99,99% в розчині 0,5М оксалатної кислоти проводили в діапазоні частот змінного струму 0,021-100 кГц і при фіксованій частоті змінного струму 1 кГц в діапазоні потенціалів від -1,2 до +1 В.

Пасивна плівка Al_2O_3 , сформована електрохімічним синтезом, може проявляти себе як напівпровідник. Проведені нами дослідження показали, що значення питомого опору плівки становлять в залежності від потенціалу формування $(5,3-9,4) \cdot 10^8$ Ом/см, що підтверджує напівпровідникові властивості. У всіх випадках ємність оксиду зменшується із зростанням потенціалу поляризації, що характерно для пасивних плівок на вентилях металів. Обробка отриманих ЕІС спектрів показала, що досліджуваний матеріал має провідність n-типу, яка є наслідком іонних та електронних дефектів аморфної плівки (кисневі вакансії є донорами).

Розрахунок потенціалів плоских зон не дозволив одержати достовірні дані через наявність у плівці бар'єрного шару, що є діелектриком. Проведена кількісна оцінка щільності числа носіїв заряду N_d , що знаходиться в діапазоні $3,88 \cdot 10^{16} - 1,39 \cdot 10^{18}$ см⁻³.

1. Семкіна О.В., Токарева І. А., Байрачний Б.І., *Праці Одеського політехнічного університету* **3**, 42 (2013).

Структура и физико-механические свойства нитридных и карбидных многослойных систем на основе (Ta, Hf, V)

Погребняк О.Д., *профессор*; Кравченко Я.О., *аспирант*;

Сирый О.Ю., *студент*

Сумский государственный университет, г. Сумы

Поскольку промышленный интерес направлен на повышение износостойкости, трещиностойкости и твердости, были рассмотрены физико-механические свойства многослойных нитридных и карбидных систем на основе Ta, Hf, V. Переходные металлы, такие как: Ta, Hf, V, часто используются в комбинациях с Ti, но их потенциал не раскрыт в полной мере, поэтому целесообразно рассмотреть эти химические элементы, как основные в нитридных и карбидных многоэлементных системах.

Осаждение покрытий производилось с помощью магнетронного, катодно-дугового и реактивного распыления с ионной имплантацией. Ионная бомбардировка производилась для формирования адгезионного слоя и снятия остаточных напряжений в области границ раздела монослоев. Использование смеси аргона и азота в процессе осаждения, а так же варьирования их пропорционального соотношения, приводит к формированию разных фаз покрытия: аморфного, кристаллического и квазиаморфного. Согласно [1,2] изменение фазового состояния и уровня кристалличности пленок Ta-N достигает оптимального значения при соотношении Ar/H_2 16:4, пиковая интенсивность дифракционной плоскости (111) возрастает, острый пик предполагает полный переход к кристаллической фазе. Чередование аморфных и кристаллических монослоев приводит к улучшению трибологических свойств, износостойкости и адгезионной прочности покрытия.

1. Erbao Liu, GuoJin, Xiufang Cui, Qiang Xiao, *Physics Procedia*. **50**, 438 (2013).
2. B.O. Postolnyi, P. Konarski, F.F. Komarov, O.V. Sobol, O.V. Kyrychenko, D.S. Shevchuk, *J. Nano- Electron. Phys.* **6** No4, 04016 (2014).

Про нанопокриття сучасних теплообмінних поверхонь

Гальченко І.В., студентка; Затірка Н.О., студентка;

Гавриш А.С., доцент

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ

Нанотехнології – це новий напрямок науки і технології, що активно розвивається в останні десятиліття.

Для збереження поверхні різних матеріалів від впливу на них агресивних факторів зовнішнього середовища, використовуються захисні нанопокриття. Вони являють собою унікальне покриття зі стійкими гідрофобними властивостями. На обробленій поверхні відтворений так званий «ефект лотоса» – ефект зовсім малої змочуваності поверхні водою і самоочищення. Він відбувається за рахунок того, що краплини води не затримуються на поверхнях, а скочуються з них.

В основі створення захисних покриттів нового покоління лежить так званий «метод хімічного зчеплення». Нанопокриття наноситься на поверхню і закріплюється на ній за рахунок міцних хімічних зв'язків. Оброблений виріб стійкий до різного роду забрудненням, а також володіє термостійкими властивостями.

Нанопокриття може наноситись різними способами на поверхню. Існує декілька методів газотермічного напилення: електродугова металізація, газополум'яне напилення, плазмове та ін. Був розроблений склад нового «розумного» нанопокриття. Воно може використовуватися для виявлення мікротріщин і крихітних пошкоджень різних конструкцій і будов [1].

В процесі роботи покриття зменшується швидкість корозії, відбувається ріст коефіцієнтів тепловіддачі. Протягом усього терміну дії гідрофобізатору для теплообміну характерні стійкі високі значення коефіцієнтів тепловіддачі при фіксованому значенні теплового потоку. Швидкість корозії при цьому мінімальна.

1. V.N. Moraru, N.I. Lebovka, Chevchenko D.G., *Colloids and Surfaces A.: Physicochem. Eng. Aspects*.**242**, 181 (2004).

Люмінесцентні характеристики низькодисперсного ZnS:Mn, отриманого методом СВС

Бачеріков Ю.Ю.¹, *провідний науковий співробітник*;

Жук А.Г.¹, *молодший науковий співробітник*;

Охріменко О.Б.¹, *старший науковий співробітник*;

Козицький С.В.², *професор*; Кардашев Д.Л.², *доцент*;

Кідалов В.В.³, *професор*

¹ Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ, м. Київ

² Одеська національна морська академія, м. Одеса

³ Бердянський державний педагогічний університет, м. Бердянськ

Варіації способів організації процесу горіння у хвилі СВС забезпечують можливість одержання цільового продукту як у вигляді монолітного зразка із заданими розмірами, так і у вигляді порошку необхідної дисперсності, у тому числі нанопорошка з розмірами при яких проявляються квантово-розмірні ефекти.

В роботі досліджувалися порошки ZnS:Mn, отримані методом СВС в одному технологічному циклі. Із спектрів збудження люмінесценції (СЗЛ) встановлено, що положення смуги зона-зонного поглинання для об'ємного ZnS:Mn становить 3,59 еВ, а для низько дисперсної фракції – 3,78 еВ. Такий короткохвильовий зсув свідчить про те, що в низькорозмірній фракції проявляються квантово-розмірні ефекти, з величини зсуву встановлено розмір наночасток – 2,5-3 нм.

Спектри фотолюмінесценції (ФЛ) ZnS:Mn мікронних розмірів мають характерний вигляд для ZnS:Mn, і складаються з однієї домінуючої смуги ФЛ із $\lambda_{\max} \sim 581$ нм, а також слабкого крила в короткохвильовій області спектра. Короткохвильове крило спектра ФЛ обумовлене самоактивованою люмінесценцією сульфїду цинку. Спектри ФЛ для низькорозмірної фракції складається з 2 смуг з домінуючою самоактивованою смугою з $\lambda_{\max} \sim 515$ нм, а також крила з $\lambda_{\max} \sim 581$ нм, обумовленого домішкою Mn. Зміна типу самоактивованого (СА) світіння ZnS: від 445–400 нм при надлишку Zn, та 505–510 нм при надлишку сірки, що пов'язано з перезарядженням кисневих комплексів що беруть участь у СА ФЛ вказує, що мікронна та низькорозмірна фракції мають різну стехіометрію.

Механоактивація та її вплив на розподіл валентних електронів та інтеркаляційні властивості сумішей $\text{SiO}_2/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$

Яворський Ю.В., *аспірант*;

Ільків В.Я., *молодший науковий співробітник*

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ

Існує дуже багато різних методів синтезу і обробки наноматеріалів, які мають різноманітні властивості при однаковому масовому і атомному складі. Одним із таких, перспективних методів є механоактивація, яка дозволяє об'єднати відмінні властивості наноматеріалів. Для дослідження впливу механоактивації на розподіл електронів у валентній зоні було вибрано ряд нанооксидів перехідних металів серед яких були SiO_2 та $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Ці нанооксиди змішували із різним масовим співвідношенням (20/80, 50/50, 80/20) та механоактивували у вібраційному млині. Для дослідження електронної структури валентної зони, простих та механоактивованих сумішей, проводили рентгеноспектральні дослідження в ультрам'якій області довжини хвилі. Для дослідження впливу механоактивації на інтеркаляційні властивості було зняті розрядні криві з електрохімічної комірки з катодним матеріалом на основі суміші 0,8 SiO_2 / 0,2 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, аноду із літію та електроліту LiPF_6 . При дослідженні були отримані такі результати: міжатомна взаємодія між поверхневими атомами крупніших наночастинок $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ і дрібніших SiO_2 відбувається внаслідок високих локальних тисків і температур при нашаруванні наночастинок діоксиду кремнію на частинки оксиду заліза.

Внаслідок механохімічної активації сумішей $\text{SiO}_2/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ спостерігається перенос електронів від катіонів кремнію до аніонів кисню які належать як $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ так і SiO_2 .

Збільшення заселеності Ор-станів, в результаті механоактивації, в області поблизу стелі валентної зони приводить до збільшення зарядового стану кисню в тетраедричному оточенні кремнію. Це сприяє збільшенню ступеня інтеркаляції іонів літію в структурні канали катодного матеріалу, що приводить до збільшення зарядової ємності електрохімічної комірки.

Керівник: Зауличний Я. В., *професор*

Вплив модифікації нанопористого вуглецю рослинного походження на енергосмісні характеристики в якості електродної компоненти суперконденсаторів

Семенчук І.І., аспірант

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

Пористі вуглецеві матеріали (ПВМ) широко використовуються в якості електродної компоненти для суперконденсаторів (СК) за рахунок їх добре розвиненої площі внутрішньої поверхні (більше 1000 м²/г), високою питомою ємністю та провідністю, фізичною та хімічною стабільністю параметрів.

Вихідним матеріалом був активований нанопористий вуглецевий матеріал рослинного походження (стебла кукурудзи) з питомою ємністю $C_{\text{пит}}=109$ Ф/г.

Вихідний матеріал поміщався в хімічний агент HNO_3 56% та витримувався протягом 2 год. при температурі 50-60°C з постійним перемішуванням. Далі матеріал промивався (7 – 8 раз) в дистильованій воді та просушувався до постійної маси. Після чого збирався макет СК з наважкою маси одного електроду 20 мг та

проводились виміри питомої ємності, яка складала після модифікації поверхні хімічним агентом, $C_{\text{пит}}=145$ Ф/г. На рисунку представлені вольт амперні характеристики (ВАХ) ПВМ з модифікованою поверхнею та без. Відсутність піків на ВАХ свідчать про те, що в матеріалі не протікають будь-які фарадеевські процеси.

Зростання питомої ємності відбувається за рахунок створення на поверхні ПВМ поверхневих функціональних груп, які беруть участь в накопиченні заряду.

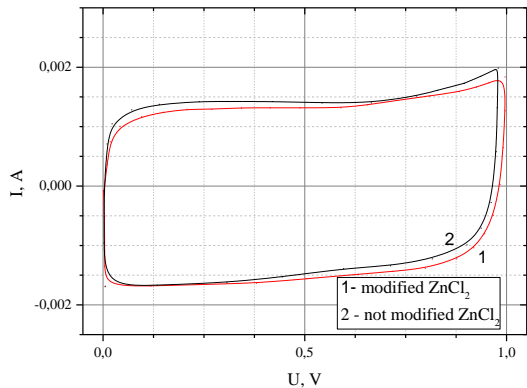


Рисунок: Вольтамперні характеристики ПВМ при скануванні 5mV/s

Вплив ефективної маси на спін-контрольоване тунелювання в структурах «ферромагнетик/діелектрик/ферромагнетик»

Коротун А.В., доцент; Павлище Н. І, інженер I категорії
Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

Подальший прогрес у розвитку мікроелектроніки пов'язаний із розвитком спінтроніки, що ґрунтується на процесах перенесення спін-поляризованого струму між елементами електронних пристроїв [1].

Крім того, структури, які містять ферромагнітні та діелектричні шари, що чергуються, викликають значний інтерес у зв'язку з перспективністю їх використання в інтегрованих елементах пам'яті.

Прозорість тунельного бар'єра товщиною d для електронів зі спіном уверх (\uparrow) і спіном униз (\downarrow) за малих напруг V при пружному тунелюванні електронів описується виразом [2]:

$$T_{\uparrow(\downarrow)} = \frac{8\kappa^2 k_{\uparrow(\downarrow)}^2}{(\kappa^2 + k_{\uparrow(\downarrow)}^2)^2} e^{-2\kappa d} (1 + \cos \theta), \quad (1)$$

де

$$\hbar\kappa = \sqrt{2m_e^{*d}(U - \varepsilon_F)}, \quad \hbar k_{\uparrow(\downarrow)} = \sqrt{2m_e^{*f}(\varepsilon_F \pm h_0/2)}.$$

де θ – кут між векторами намагніченості ферромагнітних електродів; m_e^{*d} – ефективна маса електронів у діелектрику; m_e^{*f} , ε_F , h_0 – ефективна маса електронів, енергія Фермі та молекулярне поле в емітуючому електроні ферромагнетику.

Розрахунки показали наявність різкого максимуму коефіцієнту проходження для електронів зі спином вниз при значення $m_e^{*d} \approx 0,25m_e$.

1. Ю.А. Куницький, В.В. Курилюк, Л.В. Ордворець, І.Ю. Проценко, *Основи спінтроніки: матеріали, прилади та пристрої* (Суми: СумДУ: 2013).
2. J.C. Slonczewski, *Phys. Rev. B* **39**, 6995 (1989).

Розрахунок числа зайнятих станів у металевому нанодроті в перпендикулярному магнітному полі

Коротун А.В., доцент; Карандась Я.В., магістр

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

Рівноважні властивості електронного газу в наноструктурах в основному визначаються електронним енергетичним спектром, який у свою чергу зумовлений геометрією системи. В роботі [1] для металевого дроту з поперечним розміром порядку фермівської довжини хвилі показано, що розмірні залежності енергії Фермі мають немонотонний характер.

Прикладене до дроту магнітне поле підсилює розмірне обмеження електрона в площині, що призводить до залежності від магнітного поля \mathcal{B} фізичної картини ефекту – дріт стає аналогом $0D$ -системи.

Приврівнюючи число заповнених станів у дроті числу електронів провідності [1], отримуємо:

$$\bar{n} = \frac{8}{\pi^4 \rho_0^2} \sum_{p=1}^{\infty} \frac{1}{(2p-1)^2} \sum_{l=0}^{l_{\max}} \sum_{m=0}^{m_F} \sum_{n=1}^{n_F} \sqrt{k_F^2 - k_{mn}^2 - k_{Bl}^2} \times \left(\operatorname{ch} \frac{\pi(2p-1)k_{mn}}{\sqrt{k_F^2 - k_{mn}^2 - k_{Bl}^2}} - \cos \left(\pi(2p-1) \sqrt{\frac{k_F^2 - k_{mn}^2}{k_F^2 - k_{mn}^2 - k_{Bl}^2}} \right) \right), \quad (1)$$

де \bar{n} – концентрація електронів у $3D$ -металі; ρ_0 – радіус дроту;

$k_{mn} = a_{mn} / \rho_0$, a_{mn} – додатні нулі функції Бесселя m -го порядку $I_m(\xi)$,

$n = 1, 2, \dots$; $\hbar^2 k_F^2 = 2m_e \varepsilon_F$;

$$\hbar k_{Bl} = \sqrt{2m_e \hbar \omega_c \left(l + \frac{1}{2} \right)}; \quad \omega_c = \frac{e\mathcal{B}}{m_e}.$$

– циклотронна частота.

1. В.П. Курбацкий, А.В. Коротун, А.В. Бабич, В.В. Погосов, *ФТТ* **51**, 2371 (2009).

Поглинання електромагнітного випромінювання сферичним металевим нанокластером

Коротун А.В., доцент; Коваль А.О., магістр

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

Вивчення оптичних властивостей композитних середовищ із малими металевими частинками представляє значний науковий і практичний інтерес, зокрема, при створенні матеріалів і покриттів із наперед заданими властивостями [1,2]. Для пояснення характеру взаємодії електромагнітної хвилі з композитом доцільно розглянути питання про оптичне поглинання металевою наночастинкою [3].

Для плоскої монохроматичної електромагнітної хвилі з частотою ω і хвильовим вектором \mathbf{q} дисипація енергії за одиницю часу в одиниці об'єму визначається співвідношенням [4]

$$Q = \frac{1}{4} \{ \sigma_{\alpha\beta}^* (\mathbf{q}, \omega) + \sigma_{\beta\alpha} (\mathbf{q}, \omega) \} E_{\alpha} E_{\beta}^* .$$

де $\sigma_{\alpha\beta} (\mathbf{q}, \omega)$ – тензор оптичної провідності.

Внаслідок сферичної симетрії задачі в тензорі $\sigma_{\alpha\beta} (\mathbf{q}, \omega)$ залишаються лише діагональні компоненти:

$$\sigma_{\alpha\alpha} = \frac{ie^2 N}{m_e \omega \Omega} + \frac{2ie^2}{m_e^2 \omega \Omega} \sum_{i,j} \frac{f_i \varepsilon_{ij}}{\varepsilon_{ij}^2 - \hbar^2 \omega^2} \left| \langle j | \hat{p}_{\alpha} | i \rangle \right|^2, \quad (1)$$

де $\alpha = x, y, z$; f_i – коефіцієнт заповнення стану ε_i ; $|i\rangle \equiv |p, m, n\rangle$, $\langle j| \equiv |p', m', n'\rangle$ – вектори початкового і кінцевого стану; $\varepsilon_{ij} \equiv \varepsilon_i - \varepsilon_j$.

1. А.Н. Лагарьков, М.А. Погосян, *Вест. РАН* **73**, 848 (2003).
2. А.В. Щелокова, И.В. Мельчакова, А.П. Слобожанюк, Е.А. Янковская, К.Р. Симоновский, П.А. Белов, *УФН* **185**, 181 (2015).
3. N.I. Grigorchuk, P.M. Tomchuk, *Phys. Rev. B* **84**, 085448 (2011).
4. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц, *Электродинамика сплошных сред* (Москва: Физматлит: 2001).

Напівпровідникові властивості поруватого оксиду алюмінію

Сьомкіна О.В., *інженер*; Байрачний Б.І., *професор*
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Поруваті анодні оксидні шари на алюмінії є перспективним матеріалом для створення наноконструкцій з різним функціональним застосуванням [1-2]. Значний інтерес представляють електричні властивості оксидних плівок, які досліджували за допомогою методу електрохімічної імпедансної спектроскопії (ЕІС).

Вимірювання диференціальної ємності і опору оксидів, отриманих на алюмінії чистотою 99,99% в розчині 0,5М оксалатної кислоти проводили в діапазоні частот змінного струму 0,021-100 кГц і при фіксованій частоті змінного струму 1 кГц в діапазоні потенціалів від -1,2 до +1 В.

Пасивна плівка Al_2O_3 , сформована електрохімічним синтезом, може проявляти себе як напівпровідник. Проведені нами дослідження показали, що значення питомого опору плівки становлять в залежності від потенціалу формування $(5,3-9,4) \cdot 10^8$ Ом/см, що підтверджує напівпровідникові властивості. У всіх випадках ємність оксиду зменшується із зростанням потенціалу поляризації, що характерно для пасивних плівок на вентильних металах. Обробка отриманих ЕІС спектрів показала, що досліджуваний матеріал має провідність *n*-типу, яка є наслідком іонних та електронних дефектів аморфної плівки, котрі служать пастками для носіїв заряду. Негативно заряджені електрони виявляються захопленими на межі розділу оксид/електроліт (кисневі вакансії є донорами).

Розрахунок потенціалів плоских зон не дозволив одержати достовірні дані через наявність у плівці бар'єрного шару, що є діелектриком. Проведена кількісна оцінка щільності числа носіїв заряду N_d , що знаходиться в діапазоні $3,88 \cdot 10^{16} - 1,39 \cdot 10^{18}$ см⁻³.

1. W. Wang, N. Li, X. Li, W. Geng, S. Qiu, *Mater. Res. Bull.* **41**, 1417 (2006).
2. И.Д. Войтович, Т.С. Лебедева, П.Б. Шпилевой, Н.В. Беднов, *Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии* **12** No 1, 169 (2014).

Вплив інтеркалювання нікелем на властивості шаруватих кристалів In_2Se_3 та InSe

Кушнір Б.В., *аспірант*;

Болезюк В.Б., *кандидат фізико-математичних наук*

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

Моноселенід індію належить до широкого класу шаруватих сполук типу A^3B^6 із різко анізотропними властивостями. Інтерес до вивчення шаруватих кристалів пов'язаний з можливістю керувати їхніми фізичними властивостями за допомогою процесу інтеркаляції.

Монокристали селеніду індію вирощувались методом Бріджмена та мали яскраво виражену шаруватість структури по всій довжині злитка. Інтеркалювання монокристалічних зразків було реалізовано методом «тягнутого» електричного поля в гальваностатичному режимі. В якості електроліту використовувався насичений водний розчин NiNO_3 . В місці контакту зразка з електролітом з допомогою неодимових магнітів створюється постійне градієнтне магнітне поле напруженістю 4 кЕ.

Виявлено, що при збільшенні концентрації впроваджених іонів нікелю питома електропровідність InSe збільшується, в той час як питома електропровідність In_2Se_3 має тенденцію до спаду (Рис. 1).

Встановлено, що монокристали InSe та In_2Se_3 , які інтеркалювані нікелем в постійному магнітному полі, починають володіти ферромагнітними характеристиками при кімнатній температурі.

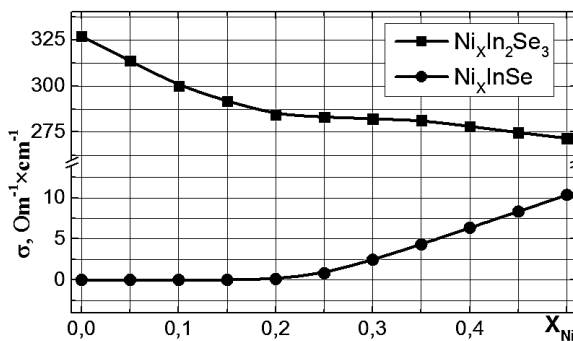


Рисунок 1 - Залежність питомої електропровідності вздовж осі С від концентрації інтеркальованих іонів Ni^{2+} при постійному магнітному полі для кристалів In_2Se_3 та InSe

Вплив лазерного опромінення на процес впровадження водню в GaSe

Болезюк В.Б., кандидат фізико-математичних наук;
Пирля М.М., кандидат фізико-математичних наук,
Поцілуйко Р.Л. аспірант
Інститут проблем матеріалознавства імені І.М. Францевича
НАН України, Чернівецьке відділення, м. Чернівці

З метою підвищення кількості впровадженого водню в шаруваті кристали, були досліджені сполуки впровадження водню на основі попередньо опромінених монокристалів GaSe. Для опромінення зразків використовувався лазер ГОС-301 (довжина хвилі $\lambda=1,06$ мкм). Опромінення монокристалічних зразків GaSe проводилося одноразовим імпульсом потужність $25 \text{ Дж} \cdot \text{см}^2$ для двох випадків орієнтації зразка: перпендикулярно до шарів зразка, і паралельно шарам. Для реєстрації впливу лазерного опромінення на процес впровадження водню в шаруваті кристали проведені вимірювання спектрів пропускання в області екситонного поглинання при $T=77 \text{ К}$ для опромінених та не опромінених зразків GaSe та H_xGaSe ($x=0,2; 0,35; 0,5$) та досліджено залежність спектрального положення екситонного максимуму $E_{\text{екс}}(n=1)$ даних зразків.

В ході проведених досліджень спостерігався переважаючий зсув $E_{\text{екс}}(n=1)$ у високоенергетичну область для H_xGaSe опроміненого перпендикулярно до площини шарів, в порівнянні з неопроміненними зразками H_xGaSe , а також підсилення смуг екситонного поглинання внаслідок лазерного опромінення, яке спостерігається при вимірюванні, можна пояснити наступним чином. При лазерному опроміненні внаслідок теплового нагріву, можливо, відбувається процес дефектоутворення. Слід також врахувати, що з рістом концентрацій дефектів та домішок, зростає і концентрація вільних носіїв, які екрануючи кулонівську взаємодію електрона і дірків екситоні, зменшують енергію їх зв'язку. Крім цього, зростає розсіювання екситонів на дефектах. Ці два ефекти при відповідній концентрації впровадженої домішки приводять до переважаючого зсув у екситонній лінії в H_xGaSe .

Керівник: Ковалюк З.Д., професор

Characterizations of Structural Properties of ZnO Thin Films Depending on the Experimental Conditions

Klymov O.V., *PhD Student*; Ladnyy D.O., *Student*;
Kurbatov D.I., *Senior Researcher*
Sumy State University, Sumy

Zinc oxide (ZnO) is one of the most promising materials for the fabrication of optoelectronic devices operating in the blue and ultra-violet (UV) spectral regions, owing to its direct wide band gap ($E_g \sim 3.37$ eV) and large exciton binding energy (~ 60 meV).

ZnO films were grown in horizontal vent-run-type metalorganic chemical vapor deposition (MOCVD) reactor (Quantax 226, refurbished by EMF Ltd) at atmospheric pressure. Samples were obtained on r-axis-oriented sapphire (r-Al₂O₃). The growth time of ZnO was from 5 to 90 min in the temperature range 300-400 °C (step of 25 °C). Diethylzinc (DEZn) and tertiary butanol (tBuOH) were used as the Zn and O precursors, respectively. N₂ used as carrier gas. The molar flows of DEZn and tBuOH through the reactor were fixed at 14.2 and 70.9 $\mu\text{mol}/\text{min}$, respectively.

The object of this study was to find the optimum temperature and the minimum time in which is possible to obtain a film with a smooth surface and with a minimum thickness, for the possibility of future use of these films as buffer layers in the ZnO/CdO sandwich structure.

Initially the deposition was constant and amounted 90 minutes. Studies have shown that the optimum temperature at which all samples were with a smooth surface was 375 °C. This temperature was chosen for further studies. The thickness of thin films was 190-225 and 510-560 nm depending on the location in the reactor (R- i F-groups, respectively).

With decreasing of deposition time was found that beginning on 15 min of deposition time, only samples that were located closer to the entrance of flow into the reactor (F-group) had a smooth surface and thickness 70-100 nm, depending on the position of the sample. Further reducing of the deposition time showed that only FC i FR samples were smooth and with 5 min of deposition their deposition thickness was 42-45 nm.

Фізико-механічні властивості іонно-плазмових покриттів квазібінарних систем TiB_2-WB_2 і $TiC-WC$

Шовкопляс О.А.¹, *старший викладач*;
Соболь О.В.², *професор*; Береснев В.М.³, *професор*

¹ Сумський державний університет

² Національний технічний університет “ХПІ”

³ Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

У роботі досліджено вплив умов формування іонно-плазмових покриттів квазібінарних систем TiB_2-TiB_2 і $TiC-WC$ із різним вмістом металічних складових на їх механічні властивості: твердість і адгезійну міцність під час відриву в процесі скретч-тестування.

Показано, що для підвищення адгезійної міцності надтвердих покриттів необхідно використовувати підкладки з твердістю найбільш близькою до твердості покриття. Так, для покриття системи $Ti-W-B$ з твердістю близькою до 60 ГПа, критичне навантаження відколу покриття (L_{C5}) збільшується від 18,56 до 29,26 Н при підвищенні твердості підкладки від 5,2 до 9,1 ГПа.

При осадженні на підкладку Тазвідносно невисокою твердістю 5,2 ГПа дозбільшення адгезійної міцності покриття приводитьвикористання режимів осадження, що забезпечують формування двофазного стану. При атомному відношенні $Ti/W \approx 0,1$ для системи $Ti-W-B$ це досягається при температурі осадження вище 970 К, а для системи $Ti-W-C$ – при температурі осадження 1220 К.

Коефіцієнт тертя карбідних покриттів значно вище, ніж боридних, при цьому пропорційно підвищенню температури проявляється тенденція до збільшення критичних навантажень на всіх стадіях руйнування при подряпуванні. Для пояснення виявленого ефекту запропонований механізм структурного упорядкування при підвищенні температури. Виявлено, що збільшення вмісту W приводить до більшої пластичності покриттів боридних і карбідних систем.

Таким чином, одним із перспективних напрямів підвищення твердості, міцності і тріщиностійкості може бути створення нових матеріалів на основі елементного упорядкування в квазібінарних системах диборидів і карбідів перехідних металів. Визначальну роль при цьому відіграють межі між зернами однотипних або різних фаз.

Поглинання ультразвукових хвиль в металонанонаповненому полівінілхлориді

Левчук В.В., *старший викладач*

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Досліджено поглинання ультразвукових (УЗ) коливань частотою 0,4 МГц для хвилі напруги у випадку поздовжньої, об'ємної, деформації зсуву в полівінілхлориді (ПВХ) і гетерогенних полімерних системах (ГПС) на його основі, в широкій області температур і вмісту нанодисперсних металевих порошків металів різної фізико-хімічної природи. ПВХ-композити містили нанодисперсні порошки міді (Cu), отримані двома різними методами. Перший – метод електричного вибуху провідника в реакторі, де знаходився вихідний ПВХ. Другий метод полягав у синтезі нанодисперсного Cu шляхом відновлення міді з солі, пропусканням змінного електричного струму, перемішуванням суспензії ультразвуковим полем. Показано, що поглинання ультразвукових хвиль у модифікованому ПВХ, як представнику лінійних гнучколанцюгових полімерів, можна описувати за допомогою рівняння руху макромолекули, кінці якої жорстко закріплені.

Проведено вивчення фононних взаємодій в таких системах і їх вплив на дисипацію енергії ультразвукового поля. Встановлено, що в області $298\text{ K} \leq T \leq 353\text{ K}$, при поздовжній і деформації зсуву проявляються α , β , γ -релаксаційні переходи, положення яких на температурній шкалі залежить від типу і вмісту нанодисперсного металевого наповнювача. Проведений аналіз фонон-фононного механізму поглинання ультразвуку в ПВХ-системах показав, що при $T \geq 298\text{ K}$, завдяки наявності областей «стиснення-розпушування», в композиті виникає дисипація енергії УЗ-поля. Даний механізм дозволяє також пояснити поглинання поперечних хвиль в матеріалі. Розроблено методу, яка дозволяє скеровано підійти до фізико-хімічної модифікації полімерів з метою одержання нових металополімерних нанокompозитів, здатних працювати в екстремальних умовах.

Розглянуті ГПС можна рекомендувати в якості акустичних ліній затримки, демпферів, поглиначів енергії УЗ-поля.

Локальная плотность электронных состояний аморфного графена

Кардашев Д.Л.¹, доцент; Артеменко Е.С.¹, доцент;

²Кардашев К.Д., ассистент

¹Одесская национальная морская академия, г. Одесса

²Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, г. Одесса

В настоящее время электронная структура идеального графена изучена достаточно хорошо благодаря применению разнообразных стандартных программных продуктов, использующих различные приближения и формализмы физики твердого тела. Компьютерное моделирование квантово-механических систем является по своей сути численным экспериментом, требующим контроля адекватности расчетных характеристик экспериментальным. При отклонении структуры графена от идеальной вследствие разброса значений длин связей и величин валентного угла возникают проблемы как вычислительного, так и принципиального характера.

Модельные подходы для описания аморфного состояния материалов, как правило, связывают с определенной степенью разупорядоченности структуры. В качестве модели аморфного графена нами была использована решетка Бете – бесконечная древовидная структура без колец из связей, в которой сохранялся только ближний порядок расположения атомов. Для определения локальной плотности электронных состояний использовался формализм функций Грина с полуэмпирическим одноэлектронным гамильтонианом сильной связи. Матричные элементы гамильтониана задавались в базисе одной s - и двух p_x, p_y - атомных орбиталей.

Данный подход позволил получить аналитические выражения для диагональных элементов функции Грина, мнимые части которых дают парциальные локальные плотности, а их сумма определяет полную локальную плотность электронных состояний.

Сохранение только ближнего порядка в расположении атомов ведет к появлению "псевдощели" в плотности состояний без V -образной особенности, характерной для идеального графена. Нули действительной части функции Грина определяют резонансные уровни нейтральной вакансии. Энергии, обусловленные изолированными примесями замещения, определялись из уравнения Лифшица.

Структурная организация в гибкоцепных полимерах, обусловленная кавитацией в жидкостях

Колупаев Б.Б., научный сотрудник

Институт химии высокомолекулярных соединений
НАН Украины, г. Киев

Представлены результаты исследования влияния кавитации разрыва воды и водных растворов нанодисперсного графита на поверхностные дефекты материала, полученного на основе ПВХ, АБС-пластика как типичных представителей гибкоцепных полимеров. Исследовали ПВХ марки KSR-67 («Vinnolit», Германия), АБС-пластик (Chi Mei Corporation, Тайвань). Образцы получали в Т-р режиме при $T = (393 \div 403)$ К и $p = (8 \div 10)$ МПа. Коллоидный графит готовили электрохимическим способом с наночастиц размером (80 ± 2) нм (JCPDC PDF-2). В отличие от раствора, существование кавитации в воде в течение 400 мин. приводит к уменьшению величины E . Это обусловлено возникновением трибоэлектризации поверхности раздела фаз полимер-раствор нанодисперсного графита. Согласно ряда Фарадея определена величина силы, стремящейся уменьшить площадь поверхности раздела фаз. Учтено также наличие тангенциальной составляющей движения жидкости вдоль этой поверхности, а также транспортирование наночастиц графита и носителей заряда путем их захвата дефектами структуры материала. На основании законов Бики-Дебая, Эйнштейна, Фика определена величина коэффициента диффузии соответствующих носителей субстанции. Реализация переноса нанодисперсного графита в дефектные области материала подтверждена оптическими и методами ИК-спектроскопии по величине отношения интенсивности оптических полос поглощения 1428/2920. Учтены нелинейные эффекты, возникающие в системе при электрическом разряде в кавитационной области. Рассмотрено также образование тепловых флуктуаций и участие элементов структуры полимера в деформации под действием ультразвуковой волны частотой $\omega = 14 \cdot 10^3$ Гц. Показано изменение подвижности элементов структуры полимеров, а соответственно, и величины вязкоупругого модуля Юнга.

Електрохімічні властивості нанопористого вуглецевого матеріалу у водних електролітах

Рачій Б.І., старший науковий співробітник;

Лісовський Р.П., науковий співробітник;

Іванічок Н.Я., науковий співробітник;

Вашинський В.М., аспірант; Бойчук Т.Я., аспірант

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

Володіючи високою питомою потужністю, тривалою цикльованістю ($\sim 10^4$) і великими запасами енергії в порівнянні зі звичайними конденсаторами, електрохімічні конденсатори (ЕК) є перспективними джерелами живлення. Співвідношення між розподілом пор за розмірами та величиною іонів електроліту має визначальний вплив на ємність ЕК. У зв'язку з цим, досліджувались електрохімічні властивості НВМ у K^+ -вмісних водних електролітах. В якості електродного матеріалу ЕК використовувався НВМ, отриманий із сировини рослинного походження [1]. Електроди досліджуваних ЕК просочувались електролітом, розділялись сепаратором та поміщались в двохелектродну комірку типорозміру “2525”, після чого герметизувались [1]. У якості електроліту використовували водні розчини солей: 10 % K_2SO_4 , 15 % KNO_3 , 20 % KCl , 25 % KOH і 40 % KI . Питомі ємнісні характеристики визначались за допомогою циклічної вольтамперометрії та гальваностатичного заряду/розряду. Встановлено, що ЕК на основі НВМ та 25 % KOH стабільний у діапазоні розрядних струмів (10–100 мА) і ємність матеріалу становить 120 Ф/г. Показано, що для електрохімічної системи НВМ/40 % KI реалізується два механізми накопичення енергії: формується ПЕШ іонами K^+ на поверхні НВМ та відбувається псевдоємнісне накопичення іонів H , що забезпечує питому ємність НВМ в межах 175–155 Ф/г при розрядних струмах 10–100 мА.

Керівник: Будзуляк І.М., *професор*

1. В. Ostafiychuk, I. Budzulyak, et al., *Nanoscale Res. Lett.* **10**, 65 (2015).

Нанокompозит $\text{FeF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ / C в якості катодного матеріалу для літій-йонних джерел струму

Мокляк В.В., докторант; Збіглей Л.З., аспірант

Інститут металофізики імені Г.В. Курдюмова НАН України, м. Київ

Фториди металів в останні роки широко досліджуються у зв'язку з потенційним використанням їх в якості катодних матеріалів нового покоління літій-йонних джерел струму (ЛІДС) [1].

Нами підготовлений нанокompозит $\text{FeF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (85%) / C (15%) за допомогою перемішування ультразвуком. Для оцінки можливості використання отриманого матеріалу в оборотніх ЛІДС застосовано гальваностатичні дослідження.

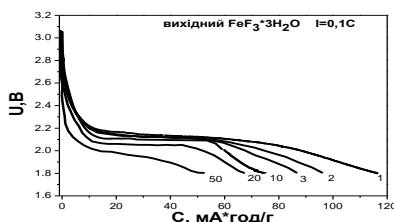


Рисунок 1 – Розрядні криві $\text{FeF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ / C при струмі 0,1 C

За результатами гальваностатичних досліджень питома ємність після першого розряду складає 116,5 $\text{mA} \cdot \text{год/г}$, після другого 96,6 $\text{mA} \cdot \text{год/г}$, третього – 87 $\text{mA} \cdot \text{год/г}$, десятого – 75,5 $\text{mA} \cdot \text{год/г}$ та після двадцяти циклів – 68 $\text{mA} \cdot \text{год/г}$ в діапазоні напруг 2 - 4,5 В. На 50 циклі питома ємність стабілізується на рівні 52 $\text{mA} \cdot \text{год/г}$ і в подальшому залишається практично незмінною (до 70 циклу). Можна зробити висновок, що $\text{FeF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ / C композит є перспективним катодним матеріалом для літій-йонних батарей наступного покоління.

1. F. Badway, N. Pereira, F. Cosandey, G. G. Amatucci, *J. Electrochem. Soc.* **150**, A1209 (2003).

Оценка эффективности применения микрофльтрационных мембран с нанопорами для удаления масляных примесей из сточных вод

Картавцева Е.Ю., аспирант

Тольяттинский государственный университет, г. Тольятти

На сегодняшний день серьезной экологической проблемой является повсеместное появление масел в почве, промышленных сточных и грунтовых вод. Удаления масляных загрязнений из сточных вод представляет собой проблему, особенно когда они присутствуют в низких концентрациях. Данное исследование направлено на оценку эффективности применения микрофльтрационных мембран с нанопорами в качестве эффективного материала для поглощения масла из промышленных сточных вод.

Принцип работы предлагаемого фильтрующего материала основан на увеличении абсорбционной способности поглощающего слоя за счет увеличения его удельной поверхности. Микрофльтрационная мембрана представляет собой сетчатый носитель из нержавеющей стали, размер ячеек которой до 40 мкм с развитой поверхностью в виде нанопор, полученных в результате электрохимической обработки. Для того чтобы определить эффективность микрофльтрационных мембран с нанопорами в качестве адсорбента масляных примесей была оценена серия периодических и непрерывных экспериментов, в которых рассматривались такие технологические параметры, как температура, pH, время контакта, скорость потока. При оценке по параметру pH были отмечены следующие результаты: очистка воды от минеральных масел до 95,9% при pH 3,0 и 10,3, в то время как результаты очистки воды при pH 6.8 был только 78.2%. Время контакта является важным фактором в адсорбции масляных примесей - равновесие было достигнуто после 12 сек. При подборе удовлетворительных режимов очистка фильтром с микрофльтрационными мембранами сточных вод от масляных примесей достигает 99%. На основании этого можно говорить о том, что использование микрофльтрационных мембран с нанопорами являются перспективным материалом для очистки промышленных, сточных и грунтовых вод.

Создание липосомных наноконструкций, меченных флуоресцентными полупроводниковыми нанокристаллами

Петрова Е.А.¹, младший научный сотрудник;
Дубатовка Е.И.², младший научный сотрудник;
Терпинская Т.И.¹, ведущий научный сотрудник

¹ Институт физиологии

Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

² Институт химии новых материалов

Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

Оценена эффективность включения гидрофобных наночастиц CdSe/ZnS, покрытых триоктилфосфиноксидом ($\lambda_{\text{max em}} = 610$ нм) в мембраны липосом, состоящих из следующих липидов: 1,2-дистеароил-sn-глицеро-3-фосфохолин (DSPC), природный фосфатидилхолин (PC), холестерол (CH) и 1,2-дипальмитоилглицеро-3-фосфоэтанолламин-N-[метокси-(полиэтиленгликоль)-2000] (DPPE-PEG 2000) в различных молярных соотношениях. Для получения липосом смесь липидов с наночастицами растворяли в хлороформе, выпаривали растворитель до получения однородной пленки. Затем добавляли фосфатно-солевой буфер и подвергали ультразвуковому воздействию. Методом проточной цитофлуориметрии определяли процентное содержание окрашенных липосом в зависимости от их состава. Сред липосом состава DSPC:CH 2:1 метку включали 98,6%, а при модификации мембраны это показатель составил: DSPC:CH:DPPE-PEG 10:5:1 – 87,1%; DSPC:CH:DPPE-PEG 10:5:2 – 82,3%; PC:CH:DPPE 8:1:4 – 38,6%; PC – 9,4%, PC:DPPE-PEG – 36,9%. Кроме того, показано, что включение нанокристаллов как корпускулярной метки приводит к изменению оптической структуры («гранулярности») липосом, что может быть обнаружено методом проточной цитофлуориметрии по изменению бокового светорассеяния (SSC). Установлено, что воздействие ультрафиолетового излучения в течение 15 и 30 мин, а так же однократное замораживание-оттаивание (от -20°C до $+20^{\circ}\text{C}$) водных суспензий липосом не оказывает влияния на флуоресцентные свойства липосомных конструкций.

Математична модель плазмово-дугового синтезу вуглецевих нанотрубок

Гриценко Ю.В., *студент*; Космінська Ю.О., *доцент*;
Перекрестов В.І., *професор*
Сумський державний університет, м. Суми

Інтерес до вуглецевих нанотрубок (ВНТ) не загасає від початку їх отримання плазмово-дуговим методом [1]. З того часу з'явилися нові підходи до синтезу ВНТ, такі як хімічне осадження з газової фази, лазерна абляція, використання металевих нанокаталізаторів, їх поєднання. В порівнянні із новими методами, плазмово-дуговий залишається на належному місці, оскільки дозволяє отримувати нанотрубки з меншою кількістю дефектів [2]. Оскільки один і той самий тип нанооб'єктів (тобто ВНТ) отримують за допомогою різних технологічних підходів, то можна зробити висновок, що в них існують певні спільні термодинамічні передумови для формування саме нанотрубок.

В даній роботі припускається, що за формування ВНТ відповідають критично малі значення пересичення вуглецевої пари, які утворюються в умовах дії плазми на ростову поверхню та зниження коефіцієнта конденсації. Це положення перевіряється за допомогою створеної математичної моделі плазмово-дугового синтезу ВНТ, яка представляє собою систему двох рівнянь:

а) рівняння часової зміни концентрації атомів вуглецю в області позитивного об'ємного заряду, в основу якого покладено баланс потоків;

б) рівняння часової зміни температури ростової поверхні, в основу якого покладено баланс енергії.

Система рівнянь аналізується методом фазової площини. Характер побудованих фазових портретів дозволяє говорити про існування стаціонарного стану, який відповідає самоорганізації малих пересичень при значеннях технологічних параметрів, типових для умов формування ВНТ.

1. S. Iijima, *Nature* **354**, 56 (1991).
2. J. Prasek, J. Drbohlavova, *J. Mater. Chem.* **21**, 15872 (2011).

Упорядковані металеві наночастинки для наноплазмоніки

Опалько В.М, *студент*; Космінська Ю.О., *доцент*;
Корнющенко Г.С., *доцент*
Сумський державний університет, м. Суми

Упорядковані масиви металевих наночастинок однакової форми і розмірів є важливими об'єктами нанотехнологій. Такі широко розповсюджені технології осадження у вакуумних умовах, як термічне осадження, електронно-променеве осадження зазвичай дозволяють отримувати масиви наноострівців металів завжди з певним розкидом за розміром і формою, який заважає багатьом застосуванням отримувати еталонні сигнали (наприклад, при оптичних дослідженнях поглинання та відбиття світла при плазмонному резонансі). Технологічною альтернативою постає метод квазірівноважної конденсації металів через мембрани анодно-окисленого алюмінію [1]. Метод дозволяє формувати наночастинки однакового розміру, форми та з гексагональним упорядкуванням на поверхні будь-якої нерозчинної у воді та ацетоні підкладки. Ідеальність упорядкування та діаметр наночастинок залежить від структури мембрани, через пори якої осаджується речовина. При осадженні таких металів, як золото та срібло, отримувані системи наночастинок можуть бути використані в якості чутливих елементів наноплазмоніки для отримання гострого настроювання на резонанс. Плазмонні властивості таких наночастинок можна вивчати за допомогою методів комп'ютерного моделювання. Он-лайн платформа nanoHUB надає доступ до інструменту nanoDDSCAT+[2], за допомогою якого розраховуються модельні спектри плазмонного резонансу для гексагонально упорядкованих наночастинок різного розміру в наближенні дискретного диполя.

1. Патент 95509 UA. МКЛ H01L 21/20. *Метод отримання конденсатів всередині нанопоранодно окисленого алюмінію*. В.І. Перекрестов, В.В. Наталіч, Г.С. Корнющенко (Україна) - № u 2014 07832; Заявл. 11.07.2014; опубл. 25.12.2014. №24. – 3 с.
2. Abder Rahman N Sobh (2015), "nanoDDSCAT+," <https://nanohub.org/resources/ddaplus>. (DOI: 10.4231/D3HT2GC6F).

Ефекти самоорганізації при квазірівноважній стаціонарній конденсації

Калашник А.В., *студент*; Корнющенко Г.С., *доцент*;
Космінська Ю.О., *доцент*
Сумський державний університет, м. Суми

Одним з методів отримання наноструктур, в яких ключове місце у структуроутворенні займає явище самоорганізації, є квазірівноважна стаціонарна конденсація [1]. Вона полягає у осадженні іонно-розпиленої речовини при наднизькому пересиченні в модифікованій системі магнетронного розпилювача і процеси конденсації характеризуються проявами дисипативної самоорганізації малого пересичення та консервативної самоорганізації структур на підкладці.

Самоорганізація пересичення полягає у тому, що розпилювальна система сама виходить в режим наднизьких значень пересичення і підтримує його внаслідок взаємопов'язаних змін пересичення, температури ростової поверхні та осаджуваного потоку. Такий режим роботи системи призводить до того, що речовина конденсується на підкладку в умовах, наближених до термодинамічної рівноваги, і на підкладці проявляються вторинні ефекти самоорганізації, пов'язані зі структуроутворенням. Першим з таких ефектів є формування острівців з вузьким розподілом за розмірами при конденсації в режимі Фольмера-Вебера[2]. Фізичним механізмом, який за це відповідає, є Оствальдівське дозрівання. Параметром порядку в такій системі є величина:

$$\eta = \frac{\sigma_0 - \sigma_t}{\sigma_0} \quad (1)$$

Де σ_0 – це початковий розкид за розмірами при відсутності самоорганізації, σ_t – розкид за розмірами через деякий час t .

Інший варіант самоорганізації проявляє себе на більш пізніх стадіях росту і полягає у формуванні специфічних тривимірних форм.

1. V.I. Perekrestov, A.I. Olemskoi, et al., *Phys. Lett. A* **373**, 3386 (2009).
2. V.I. Perekrestov, Yu.O. Kosminska, et al., *Physica B* **21**, 1159 (2014).

Отримання шарів SiC шляхом магнетронного розпилення складеної мішені графіт-кремній

Загайко І.В., аспірант; Корнющенко А.С., доцент;
Пережестов В.І., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Карбід кремнію давно відомий напівпровідниковий матеріал з унікальним сполученням в ньому фізичних та хімічних властивостей, що робить його перспективним для використання в екстремальних умовах. Відомо, що SiC має більш ніж 230 кристалографічних модифікацій, та найбільш стійкими являються 3C-SiC, 4H-SiC і 6H-SiC. Але при отриманні конденсатів карбиду кремнію виникає ряд проблем, пов'язаних зі слабкою летючістю та високою енергією десорбції складових компонентів. Також проблеми виявляються при отриманні стехіометричного складу.

У роботі ми пропонуємо вирішення вищевказаних проблем шляхом магнетронного розпилення складеної кремній-графітової мішені. Для інтенсифікації процесу осадження при відносно низьких робочих температурах використовувались слабкі осаджувані потоки із потужністю розряду магнетронного розпилювача 21-25 Вт. Отримання стехіометричного складу конденсату було можливим при виконанні наступних трьох умов, що забезпечують оптимальну геометричну конфігурацію розпилювальної системи. Перша з них полягає в тому, що радіус вуглецевої складової мішені має бути оптимальним для формування стехіометричного розпиленого потоку. За другою умовою довжина вільного пробігу розпиленних атомів має перевищувати відстань мішень-підкладка. По-третє, коефіцієнти конденсації обох компонент повинні бути рівними. Крім вищевказаного встановлено, що використання складеної кремній-графітової мішені дозволяє отримати конденсати із близьким до стехіометричного співвідношенням компонент при наступних параметрах: тиск робочого газу (аргону) 0.8-1.5 Па, а робоча температура 680 К. ПЕМ-дослідження отриманих зразків показали, що вони мають текстуровану полікристалічну структуру, міжплощинні відстані відповідають політипу 3C-SiC, який має ГЦК ґратку.

Формування пористих наносистем оксиду цинку для використання в сенсорах водню

Наталіч В.В., *аспірант*; Корнющенко Г.С., *доцент*;
Перекрестов В.І., *доцент*; Глущенко Д.С., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Газові сенсори на основі оксиду цинку є дуже перспективними завдяки їхній високій сенсорній чутливості, низькій вартості виробництва та стабільності. Відомо, що чутливість сенсорів значно підвищується при збільшенні пористості, а також зі зменшенням розміру структурних елементів до наномасштабу. Таким чином, з метою підвищення ефективності, велика увага приділяється розробці технології, яка дозволить формувати наноструктури з бажаною морфологією та розміром. Попередні експерименти показали можливість формування пористих наноструктур, що складаються з мікро- і нанорозмірних структурних елементів [1].

У роботі пропонується двоетапна технологія формування пористого ZnO. На першому етапі були отримані пористі наноструктури Zn в умовах близькорівноважної стаціонарної конденсації в системі плазма-конденсат. На другому етапі зразки Zn окислювалися на протязі трьох годин у 99,9% атмосфері кисню при 200 °C, 350 °C та 400 °C. В якості підкладок використовувалися лабораторне скло і кремній. Результати досліджень за допомогою растрової електронної мікроскопії та рентгеноструктурного аналізу показали, що найбільш ефективний режим окислення відповідає температурі 350 °C, тому що повна трансформація Zn у ZnO відбувається без істотних змін у морфології конденсатів.

Сенсорні властивості пористого ZnO по відношенню до водню були досліджені шляхом вимірювання опору в залежності від часу між двома електродами при постійній температурі. Встановлено, що реакція датчика більша ніж 50% при концентрації водню 3000 ppm і температурі 250 °C. Чутливість датчика залежить від морфології й має максимальне значення для структури, яка нагадує “нейронну мережу”.

1. V. Perekrestov, A. Korniyushchenko, et al., *Physica Status Solidi B* 252, 397 (2015).

СЕКЦІЯ 3

«Фізична електроніка»

Просторово-дисперсійні характеристики двомірних фотонних кристалів

Кривець О. С. *доцент*; Шубніков В.С. *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

В останні роки збільшується перелік сфер застосування пристроїв на базі технологій фотонних кристалів, що робить актуальним теоретичне та експериментальне дослідження таких систем.

В даній роботі шляхом чисельного моделювання задачі на власні значення для стаціонарного рівняння Гельмгольца методу розкладання по плоским хвилям були проаналізовані дисперсійні та просторові характеристики двомірних кристалів типу повітря-діелектрик трикутної конфігурації, що можуть використовуватися в якості хвилеводних та резонансних систем від міліметрового до оптичного діапазонів довжин хвиль. Теоретична модель представляє собою штучні кристали з стрижневою та дірковою структурою в яких нормований до періоду коефіцієнт заповнення змінювався в межах від 0,1 до 0,5.

Результатом чисельного дослідження, що реалізовувалось за допомогою програмного комплексу Simple Photonic Crystals, є діаграми Бріллоена, що визначають заборонені та дозволені зони, та двомірний розподіл щільності електромагнітної енергії.

Результати досліджень дають підстави стверджувати, що збільшення коефіцієнту заповнення діелектричного матеріалу при використанні стрижневої структури приводить до суттєвої концентрації поля біля останніх, та зменшення ширини забороненої зони, що позитивно впливає на частотну полосу пропускання матеріалу. При зміні стрижневої структур на діркову, суттєвих змін зонної структури не відбувається, але збільшується щільність електромагнітного поля в області отвору, що може призвести до збільшення втрат. Хоча діркова структура більш проста при реалізації.

Розрахунок спектральних характеристик резонансно-тунельних структур на основі методу S-матриці

Бабіч А.В., доцент; Коротун А.В., доцент

Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

Інтерес до вивчення резонансно-тунельних структур зумовлений їх широким використанням у приладах твердотілої наноелектроніки [1]. Зокрема, було продемонстроване застосування цих структур при створенні резонансно-тунельних діодів (РТД), цифро-аналогових перетворювачів, задаючих генераторів, регістрів зсуву та статичних запам'ятовуючих пристроїв із довільною вибіркою [2-3].

Проте на сьогодні проблема адекватного моделювання електронних характеристик РТД все ще залишається актуальною. Тому метою даної роботи є чисельний розрахунок резонансних енергій і ширин квазістаціонарних станів електронів методом S -матриці розсіяння.

Густина струму через активну частину РТД розраховується за формулою Цу – Есакі:

$$J = \frac{em^*k_B T}{4\pi^3\hbar^3} \int_0^\infty \frac{\ln\left(1 + e^{-\frac{E_z - E_F}{k_B T}}\right)}{\ln\left(1 + e^{-\frac{E_z - (E_F - eV)}{k_B T}}\right)} \sum_{i=1}^N \frac{\Gamma_i^2}{\Gamma_i^2 + 4(E_z - E_i)^2} dE_z. \quad (1)$$

У випадку резонансного розсіяння значення резонансних рівнів $E_i = \text{Re}E$ та їх ширини $\Gamma_i = 2\text{Im}E$ можуть бути визначені як полюси S -матриці розсіяння: $E = E_i - i\Gamma_i / 2$; S -матрицю знаходимо так:

$$\begin{pmatrix} B_j \\ A_{j+1} \end{pmatrix} = \mathbf{S}_{j,j+1} \begin{pmatrix} A_j \\ B_{j+1} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{S} = \frac{1}{\mathbf{R}_{00}} \begin{pmatrix} \mathbf{R}_{10} & \mathbf{R}_{00}\mathbf{R}_{11} - \mathbf{R}_{01}\mathbf{R}_{10} \\ 1 & -\mathbf{R}_{11} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

1. Ж.И. Алферов, *Микросист. техн.* **8**, 3 (2003).
2. M.L. Figueiredo, C.N. Ironside, C.R. Stanley, *J. Mod. Opt.* **49**, 939 (2002).
3. Н.В. Ткач, Ю.А. Сети, *ФТТ* **53**, 550 (2011).

Структурні особливості плівок сульфїду кадмію, отриманих методом випаровування у квазізамкненому об'ємі

Єрьоменко Ю.С., *аспірант*; Салогуб А.О., *студент*;
Опанасюк А.С., *професор*
Сумський державний університет, м. Суми

Полікристалічні плівки CdS останнім часом знаходять широке використання як віконні шари сонячних елементів, базові шари фотодетекторів, електрохімічних комірок, електролюмінесцентних приладів тощо. Їх оптичні та електрофізичні властивості у значній мірі визначаються їх структурою, методом та фізико-технологічними режимами отримання. У зв'язку з цим, дослідження впливу температури осадження шарів на їх структурні особливості є актуальним.

Для отримання тонких шарів CdS був використаний метод термічного випаровування у квазізамкненому об'ємі. Цей метод дозволяє одержувати стехіометричні плівки багатокомпонентних напівпровідників при контрольованому технологічному процесі.

Плівки сульфїду кадмію були отримані на очищених підкладках зі скла у вакуумній установці ВУП-5М. Температура випарника складала $T_e = 1073$ К; температура підкладки змінювалася в інтервалі $T_s = (373-773)$ К. Структурні дослідження плівок були виконані на рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07 у K_α випромінюванні мідного анода. Знімання проводилось у діапазоні кутів 2θ від 20° до 80° , де 2θ – брегівський кут. Отримані криві нормувалися на інтенсивність піку (002) гексагональної фази. Фазовий аналіз проводився шляхом співставлення міжплощинних відстаней та відносної інтенсивності від досліджуваних зразків та еталона. Якість текстури плівок оцінювалась за методом Харріса, період ґратки визначався за методом Бредлі-Джея.

В результаті досліджень встановлено, що плівки CdS мали гексагональну структуру у всьому інтервалі температур нанесення. Для них характерною була аксіальна текстура росту [002]. Визначена залежність періоду ґратки матеріалу від температури осадження.

Отримані результати будуть використані для порівняння зі структурними характеристиками твердих розчинів $Cd_{1-x}Zn_xS$.

К вопросу о моделировании черенковского и дифракционного излучений на периодических металлодиэлектрических структурах

Воробьев Г.С., *профессор*; Петровский М.В., *доцент*;
Журба В.О., *доцент*; Пурыга О.О., *студент*; Шубников В.С., *студент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

В настоящее время вакуумная СВЧ электроника в основном развивается по пути создания мощных высоко-когерентных источников электромагнитного излучения, например, ортотрон, генератор дифракционного излучения, лазер на свободных электронах. Вместе с тем, в радиоастрономических инструментах терагерцового диапазона волн требуются источники излучения обладающие достаточной компактностью, малой массой и мощностью потребления. К настоящему времени данный вопрос может быть решен путем использования в вакуумной электронике и технике СВЧ периодических металлодиэлектрических структур, которые в отличие от традиционных металлических периодических структур имеют ряд специфических особенностей, связанных с возбуждением на металлодиэлектрических структурах черенковского и широкого спектра пространственных гармоник дифракционного излучений. Однако недостаточный объем исследований таких приборов затрудняет их реализацию в практических схемах устройств СВЧ.

В данной работе представлено обоснование выбора режимов моделирования черенковского и дифракционного излучений на металлодиэлектрической структуре конкретной геометрии, основные из которых реализованы на универсальных экспериментальных установках миллиметрового диапазон волн и протестированы путем сравнения результатов эксперимента с численным анализом. Кратко обсуждаются вопросы создания на базе металлодиэлектрических структур, с применением современных нанотехнологий, низковольтных генераторов и функциональных устройств миллиметрового-инфракрасного диапазонов волн.

**Розробка комплексу автоматизації вимірювань
електродинамічних характеристик для панорамного вимірювача
коефіцієнту послаблення та КСВН Я2Р-67**

Пурига О.О., *студент*; Шубніков В.С., *студент*;
Деуленко Д.В., *студент*; Журба В.О., *доцент*;
Петровский М.В., *доцент*; Воробйов Г.С., *професор*;
Кривець О.С., *доцент*
Сумський державний університет, м. Суми

Розвиток приладів та пристроїв міліметрового та субміліметрового діапазону довжин хвиль неможливий без експериментального дослідження електродинамічних систем. Тому, вирішення задач створення та вдосконалення вимірювальних є актуальними.

У даній роботі представлені результати модернізації панорамного комплексу виміру коефіцієнту послаблення та КСВН Я2Р-67, що працює у діапазоні від 24 ГГц до 37 ГГц, що використовується для виміру електродинамічних параметрів систем.

Для вирішення цієї мети розроблено та реалізовано блок керування на базі мікроконтроллера STM32f103RET6 та блоку АЦП на базі мікрозбірки AD7705.

За допомогою програмного пакету Eclipse розроблено оригінальну програму збору та передачі даних з АЦП на ПК для мікроконтроллера. Програмна частина для ПК була створена у середовищі LabView.

Розроблене устаткування і програма інтерфейсу для автоматизації візуалізації, збереження та обробки експериментальних даних дозволяє оброблювати дані на воді в межах $0 \div 5$ В з частотою виміру до 500 вимірювань/секунду.

Апробація розробленого устаткування та програмного забезпечення автоматизації вимірювань даних показала що швидкість отримання та обробки експериментальних даних збільшилася на порядок з похибкою вхідної напруги на АЦП $\delta \sim \pm 10^{-4}$ В.

Представлений комплекс автоматизації виміру електродинамічних характеристик також може використовуватись для модернізації вимірювального обладнання як даної серії панорамних вимірювачів, так і іншого вимірювального устаткування, що має відповідні вихідні характеристики по напрузі.

Дана робота виконувалася для потреб та при підтримці держбюджетних тем 52.22.02. -01.15117.3Ф, 52.22.02, -02.151173Ф.

СЕКЦІЯ 4

**«Матеріалознавство мікро- та
наноелектроніки»**

Вплив орієнтації мультишарів на основі Co та Gd у зовнішньому магнітному полі на їх магнітні властивості

Шабельник Т.М., *магістрант*;
Воробйов С.І., *молодший науковий співробітник*;
Шпетний І.О., *доцент*
Сумський державний університет, м. Суми

На сучасному етапі розвитку магнітоелектроніки велика увага дослідників приділяється вивченню впливу різних фізичних полів на стабільність робочих характеристик матеріалів чутливих елементів датчиків магнітного поля. Дана робота присвячена встановленню загальних закономірностей впливу температури термообробки на магнітні властивості мультишарів на основі Co і Gd при зміні їх орієнтації у зовнішньому магнітному полі.

Мультишари на основі Co і Gd були отримані шляхом пошарової конденсації на підкладки з кремнію при температурі $T_n = 300$ К, з кількістю повторювань $n = 2 \div 8$, методом магнетронного осадження в атмосфері інертного газу Ar. Для запобігання окисленню, плівкові зразки покривались двошаровою плівкою Ta/Pt. Термообробка зразків проводилась у вакуумі при $T_s = 700$ К. Вивчення магнітних властивостей проводилось у паралельній геометрії вимірювання методом вібраційної магнітометрії при кімнатній температурі.

Аналіз результатів досліджень магнітних властивостей при різних кутах орієнтації зразка від прикладеного зовнішнього магнітного поля у паралельній геометрії вимірювання з кроком у 15° показав, що мультишари на основі Co та Gd не залежно від кількості повторювань і товщини шару Co характеризуються наявністю високої одновісної магнітної анізотропії у площині плівки. При перемагнічуванні таких плівок домінує процес однорідного обертання вектора намагніченості. Легка вісь лежить у площині плівки, а важка перпендикулярна площині. Такий механізм перемагнічування дозволяє забезпечити високу швидкодію реагування на зміну величини і напрямку магнітного потоку.

Після термообробки всі зазначені вище тенденції зберігаються, що дозволяє розглядати дані мультишари як перспективні матеріали для виготовлення чутливих елементів датчиків магнітного поля.

Керівник: Черноус А.М., *професор*

Тензорезистивні властивості плівкових гранульованих сплавів: апробація теоретичної моделі

Шабельник Ю.М., асистент; Богомоленко О.А., магістрант
Сумський державний університет, м. Суми

На сучасному етапі розвитку матеріалознавства, крім вже звичних плівкових структур на основі мультишарів або багат шарових плівок, особлива увага приділяється і твердим розчинам (т.р.) з елементами гранульованого стану. Вони використовуються як чутливі елементи різноманітних сенсорів. Це датчики тиску, переміщення, температури, магнітного поля та ін. Дані матеріали повинні відповідати ряду вимог, таких як термічна стійкість структурно-фазового складу і стабільність характеристик у робочому діапазоні температур, деформацій, магнітних полів тощо. Аналізуючи літературні дані, можна говорити про накопичений теоретичний та експериментальний матеріал із досліджень магніторезистивних властивостей цих структур. Але маловивченими залишаються електрофізичні (насамперед, тензорезистивні) властивості. Тому дана робота і присвячена експериментальному дослідженню та побудові теоретичної моделі для коефіцієнта тензочутливості (КТ) гранульованих плівкових сплавів на основі магнітних та благородних металів.

Були досліджені структурно-фазовий стан та тензорезистивні властивості плівкових гранульованих сплавів на основі Co або Fe і Ag або Au в залежності від концентрації магнітної компоненти. Експериментальні дані порівнювалися з теоретично розрахованими. Для цього була використана феноменологічна модель для КТ для гранульованих плівкових сплавів, яка була розглянута в [1].

Аналіз електронограм від термовідпалених до 700-900 К зразків показав утворення ГЦК т.р. (Ag(Au), Co) та т.р. (Ag(Au), Fe) з елементами гранульованого стану.

В процесі дослідження тензорезистивних властивостей було встановлено, що значення γ_{lm} для плівок Ag/Co/П більші, ніж в одношарових зразках Ag: у плівці Ag(38)/Co(15)/П $\gamma_{lm} = 1,7$, а у плівці Ag (53)/П $\gamma_{lm} = 1,4$. Перехід від пружної до квазіпружної деформації у всіх досліджуваних зразках лежить в області 0,3-0,4 % і

збільшується для систем, в яких утворилися т.р. та гранульований сплав.

У таблиці 1 представлені узагальнені дані КТ для плівкових систем на основі Co або Fe та Ag або Au. По відношенню до величини КТ в одношарових плівках Co, Ag та Au спостерігається збільшення у 1,5-2 рази величини γ для відпалених зразків на основі даних металів. Даний факт також може свідчити про утворення т.р. з елементами гранульованого стану.

Таблиця 1 – Експериментальні дані та результати розрахунків γ_i^p за феноменологічною моделлю для КТ

Зразок	$c_{Co, Fe}, \text{ ат. } \%$	Середні значення γ_{Lm} для різних деформаційних циклів				$\gamma_i^{\rho_{mp}}$	γ_i^p	$\frac{ \gamma_i^{\rho_{mp}} - \gamma_i^p }{\gamma_i^{\rho_{mp}}}, \%$
		I	III	V	VII			
Ag(18)/Co(17)/П	35	3,51	3,22	2,96	2,77	2,37	2,68	13,3
Ag(20)/Co(10)/П	60	4,78	4,47	4,22	4,04	4,41	5,21	18,3
Ag(25)/Co(40)/П	81	4,37	3,03	2,79	2,70	2,54	2,86	12,5
Au(35)/Fe(30)/П	55	5,32	5,04	4,86	4,74	4,96	4,81	11,7

У таблиці також представлені розрахунки КТ за співвідношеннями, що представлені в роботі [1]. Теоретичні значення для КТ із точністю до 20 % узгоджуються із експериментальними.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики кафедри прикладної фізики СумДУ № 0115U000689.

Керівник: Проценко І.Ю., *професор*

1. L.V. Odnodvoretz, M.O. Shumakova, I.Yu. Protsenko, Yu.M. Shabelnyk, N.I. Shumakova, *Proc. Conf. NAP-2015*, **3** No 1, 01NTF09(2) (Lviv, 21-27 September, 2014).

Магнітні і магніторезистивні характеристики плівкових систем на основі Co і Cr у зовнішньому магнітному полі

Кондрахова Д.М., молодший науковий співробітник
Сумський державний університет, м. Суми

Широке використання багат шарових тонкоплівкових систем на базі феромагнітних матеріалів, як основи для створення чутливих елементів сенсорів, пристроїв магнітного або магнітооптичного запису інформації, призводить до постійного дослідження та удосконалення їх магнітних характеристик з метою підвищення щільності запису та зменшення часу доступу. У залежності від області застосування до них висувається ряд певних вимог (висока чутливість до магнітного поля, стабільні магнітні та структурні характеристики, близький до одиниці коефіцієнт прямокутності та ін.). При використанні багат шарових систем як первинних перетворювачів датчиків повороту необхідно враховувати вплив геометрії вимірювання на магнітні та магніторезистивні властивості.

З цією метою були проведені дослідження впливу орієнтації зразка у зовнішньому магнітному полі (0° - 360° , 0° - 90°) на величину магнітоопору (МО), залишкової намагніченості (M_r), коефіцієнта прямокутності (КП) та коерцитивної сили (B_c) плівкових зразків у свіжесконденсованому стані та після термообробки на прикладі систем на основі Co і Cr.

Для плівкової системи Co/Cr/Co у свіжесконденсованому стані характерна присутність осі легкого намагнічування і при зміні кута орієнтації зразка від 0° до 90° спостерігається загальне зменшення величини МО (від 0,26 % до 0,1 %), в той час як величина B_c майже не змінюється. Подібна поведінка величини магнітоопору від зовнішнього магнітного поля характерна і для зразків, які пройшли термообробку до 800 К. Після термовідпалювання до 1000 К характер залежностей МО змінюється, а саме відбувається зростання величини МО при переході від перпендикулярної до поперечної геометрії вимірювання. Відмітимо, що величина коерцитивної сили при зміні кута орієнтації зразка від 0° до 90° майже лінійно зменшується при всіх температурах термообробки.

За результатами розрахунків коефіцієнта прямокутності петель гістерезису плівок, слід відмітити досить високі значення КП ($\sim 0,9$). При переході до легкої осі намагнічування в системі спостерігається лінійне зростання величини КП.

Аналіз полярних діаграм величини M_r при зміні кута у межах від 0° до 360° у площині плівки від багат шарових плівок свідчить про ізотропність системи у свіжесконденсованому стані та після термовідпалювання. Відмітимо, що термообробка зразків призводить до збільшення значення залишкової намагніченості на декілька порядків, що пов'язане з переходом від феромагнітного до антиферомагнітного зв'язку у системі в процесі термовідпалювання.

Плівкова система Co/Cr/Co характеризується стабільним структурно-фазовим станом в інтервалі температур 300-800 К, що дозволяє виключити вплив температурного фактора на роботу чутливих елементів датчиків на її основі в зазначеному діапазоні температур. Згідно результатів дослідження магнітних властивостей під дією зовнішнього магнітного поля та температури відпалювання, можна зробити висновок про можливість широкого застосування даної системи як основи при формування індукованих пристроїв запису інформації або у якості закріплюючого шару спін-вентильних структур.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики кафедри прикладної фізики Сумського державного університету № 0115U000689.

Керівник: Проценко І.Ю., *професор*

Термо- і магніторезистивні властивості багат шарових плівок на основі Fe і Au

Волков С.О., *магістрант*; Панюта А.М., *магістрант*;
Пилипенко О.В., *молодший науковий співробітник*;
Ододворець Л.В., *доцент*
Сумський державний університет, м. Суми

Широке використання плівкових матеріалів у мікроелектроніці та сенсорній техніці постійно стимулює дослідження їх фізичних властивостей, оскільки в таких системах можуть стабілізуватися тверді розчини, евтектики, інтерметалідні фази. Мета роботи полягала у дослідженні термо- і магніторезистивних властивостей багат шарових плівок на основі Fe і Au в умовах твердофазних реакцій.

Формування плівок на основі Fe і Au проводилось у технологічному вакуумі методом електронно-променевого випаровування шляхом одночасної конденсації двох металів. Концентрація атомів немагнітної компоненти змінювалась від 5 до 70 ат.%. Відпалювання плівок проводилось протягом трьох циклів «нагрівання ↔ охолодження» від 300 до 700 К. Вимірювання магніторезистивних властивостей проводилося при кімнатній температурі в трьох геометріях: поздовжній, поперечній та перпендикулярній.

Дослідження фазового складу методом просвічуючої електронної мікроскопії показали, що термовідпалювання зразків приводить до утворення плівки евтектичного складу ОЦК-Fe + ГЦК-Au.

Експериментально встановлено, що величина температурного коефіцієнта опору для плівок (Fe + Au)/П загальною товщиною 20-40 нм складає $\beta = (0,5-1,2) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, що вказує на високу температурну стабільність таких систем. Дослідження польових залежностей магнітоопору (МО) вказує на його анізотропний характер. Мінімальна величина МО = 0,05 % спостерігається при загальній концентрації атомів $c_{\text{Au}} = 42$ ат. % в перпендикулярній геометрії вимірювання, а МО з максимальною амплітудою 0,3 % – при $c_{\text{Au}} = 65$ ат. % в поздовжній геометрії.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики кафедри прикладної фізики (2015 – 2017 рр.) за фінансовою підтримкою МОН України.

Тензорезистивні властивості двошарових плівок Fe/Ag

Логвинов А.М., *магістрант*

Сумський державний університет, м. Суми

Багатошарові багатокомпонентні плівкові системи у вигляді сплавів, мультишарів чи гранульованих сплавів знайшли широке прикладне застосування в електронному мікроприладобудуванні, оскільки саме ці матеріали мають широкі функціональні можливості.

Компоненти плівкової системи на основі Ag і Fe практично не розчиняються одна в одній, і відносяться до матеріалів типу псевдосплавів. Такі системи поєднують у собі окремі властивості кожної складової, але при цьому при цьому набувають ряд переваг: підвищується температура плавлення та випарування, показники міцності та механічної стійкості також покращуються. Тому дослідження явища тензоефекту в системах Ag/Fe представляє практичний інтерес з точки зору їх застосування як чутливих елементів у тензодатчиках.

У роботі були проведені дослідження тензорезистивних властивостей тонкоплівкових зразків на основі Ag та Fe при деформаціях до 1%. Коефіцієнт тензочутливості (КТ) одношарової плівки Ag в інтервалі товщин 15-60 нм змінюється від 1,5 до 0,5 одиниць, для Fe, відповідно, дана величина лежить в межах 4,6-3,1. Згідно структурно-фазового стану, у двошаровій плівці Ag/Fe зберігається індивідуальність окремих шарів при отриманні методом пошарової конденсації ($T = 300$ К). Величина КТ Ag(x)/Fe(40)/П, де $x = 20, 35, 40$ нм, збільшується у порівнянні з одношаровими плівками за рахунок появи інтерфейсу і лежить у межах 10-5,98 одиниць у залежності від товщини Ag. На усіх деформаційних залежностях перший цикл суттєвого відрізняється від решти, що обумовлено релаксаційними процесами у зразках. На деформаційних залежностях Ag/Fe при $d_{Ag} = 35$ нм і більше, в області деформацій 0,4% відбувається зміна кута нахилу кривої, що можна пояснити появою переходу від пружної до пружно-пластичної деформації.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики кафедри прикладної фізики (2015 – 2017 рр.) за фінансової підтримки МОН України.

Керівник: Ткач О.П., *асистент*

Формування електрофізичних властивостей тришарових плівок

Гричановська О.А., аспірант; Подуремне Д.В., аспірант;

Кошіль О.П., магістрант

Сумський державний університет, м. Суми

Плівкові системи на основі Fe, Co і Pd і цікаві з позиції використання їх як середовища для перпендикулярного запису інформації і створення оперативних запам'ятовуючих пристроїв. Залежності від умов одержання та подальшої термообробки у зразках на основі Fe і Pd можуть формуватися неупорядкована ГЦК-PdFe фаза або упорядкована ГЦТ-PdFe. Для зразків на основі Co і Pd характерна перпендикулярна анізотропія.

У роботі визначено температурну залежність опору багат шарових плівкових систем Pd(d_{Pd}) / Fe(d_{Fe}) / П, Pd(d_{Pd}) / Co(d_{Co}) / П і Co(d_{Co}) / Pd(d_{Pd}) / Fe(d_{Fe}) / П (де П – підкладка, d – товщина шару у нм) та одношарових плівок. Зразки отримувалися шляхом термічного випаровування на скляні підкладки у вакуум 10^{-4} Па з наступним відпалюванням при 700-730 К. Швидкість конденсації становила $\omega = 1-1,6$ нм/с, а швидкість відпалювання – 3-5 К/хв. З метою стабілізації, свіжосконденсовані плівки витримувалися у вакуумі протягом 0,5-1,0 години при температурі підкладки 300 К. Установлено, що пошарова конденсація послідовна конденсація Pd ($d_{Pd} = 5, 15, 25$ нм) на попередньо відпалену плівку Co(11)/П (П – підкладка) викликає зменшення питомого опору і температурного коефіцієнта опору (ТКО) від $\beta_{Co} = 1,24 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ до $\beta_{Co/Pd} = (0,53-0,60) \text{ K}^{-1}$. Додаткове осадження шарів Fe ($d_{Fe} = 5; 10; 15$ нм) супроводжується подальшим зменшенням опору зразка, але ТКО починає зростати від $0,77 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ до $2,04 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ відповідно до росту товщини d_{Fe} . Для відпалених зразків Co(d_{Co})/Pd(5)/Fe(15)/П послідовне збільшення шару Co ($d_{Co} = 5; 10; 15$ нм) приводить до поступового зменшення опору майже у два рази і до зміни ТКО від $0,2 \cdot 10^{-3}$ до $0,75 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Установлено, що найбільший питомий опір мають плівки Fe, у порівнянні з плівками Co і Pd однакової товщини. Отже, комбінуючи шари Fe, Co і Pd, можна впливати на терморезистивні властивості плівкових систем.

Керівник: Проценко І.Ю., професор

**Терморезистивні властивості плівкових систем
на основі Fe або Co і Ag**

Ткач О.П., асистент; Сірик А.В., магістрант;
Одноворець Л.В., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Вивчення терморезистивних властивостей плівкових матеріалів на основі Fe і Ag, отриманих методами пошарової і одночасної конденсації, вказують на відносно велике значення питомого опору ρ і, відповідно, мале значення термічного коефіцієнта опору β , що якісно свідчить про утворення обмежених твердих розчинів (т.р.). Це підтверджують результати електронно-мікроскопічних досліджень, які вказують на те, що при пошаровій конденсації із наступним термовідпалюванням у системах стабілізується розбавлений т.р. (Ag, Fe), оскільки фазовий склад плівок відповідає т.р. (Ag, Fe) або т.р. (Ag, Fe) + ОЦК-Fe (при відносно великих товщинах шару Fe). При варіюванні товщини Ag від 10 до 50 нм і Fe – від 30 до 40 нм ($c_{Ag} = 15-55$ ат. %) величина $\beta = (0,2-1,0) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$.

Залежності $\rho(T)$ для плівок на основі Co і Ag вказують на те, що при нагріванні протягом першого термостабілізаційного циклу в інтервалі температур 300-600 К має місце незначне збільшення питомого опору з його зменшенням в інтервалі температур 600-850 К, що пов'язано із залікуванням дефектної структури і процесами рекристалізації, які супроводжуються зниженням внеску зерномежового розсіювання носіїв струму у загальний опір системи. При охолодженні плівки величина ρ монотонно зменшується, що пояснюється завершенням релаксаційних процесів вже на першому циклі термообробки. На третьому циклі охолодження величина $\beta = (1,2-1,6) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Оскільки т.р. (Ag, Co) утворюється на основі матриці із Ag, то його параметр решітки має дещо більше параметра плівки Ag.

Робота виконана в рамках держбюджетної тематики кафедри прикладної фізики (2015 – 2017 рр.) за фінансової підтримки МОН України.

Керівник: Проценко І.Ю., професор

Оптичні властивості одношарових плівок Co, Fe і Cu

Костенко М.В., аспірант; Демиденко М.Г., старший викладач
Сумський державний університет, м. Суми

При дослідженні фізичних властивостей нанорозмірних багатошарових плівкових структур важливо знати товщини окремих шарів. Зазвичай їх визначають в процесі конденсації методом кварцового резонатора. Після завершення конденсації можна легко визначити загальну товщину плівкової системи, а такий структурний параметр як товщина окремого шару можна визначити руйнівними методами або неруйнівними методами рентгенівської рефлектометрії або еліпсометрії. Особливістю використання оптичного методу еліпсометрії для визначення структурних параметрів багатошарових плівкових структур є використання декількох експериментальних даних (еліпсометричних кутів Δ і Ψ та загальної товщини плівки d) для визначення великої кількості невідомих величин. У роботі [1] було запропоновано використання генетичного алгоритму для вирішення цієї задачі для еліпсометра на основі лазера в діапазоні довжин хвиль $\lambda = 0,6580 \div 0,9055$ мкм. Отримані результати розрахунків на прикладі багатошарових плівкових структур на основі Co і Cu проводилися за умов збереження індивідуальності шарів як основної умови. Послідовність операції розрахунків проводилися до співпадання експериментальних і розрахункових значень Δ і Ψ до $0,03^\circ$. Результати результатів показали що велику похибку в кінцеві розрахункові значення товщин окремих шарів вносить похибка, що виникає через відсутність даних стосовно оптичних параметрів (коефіцієнтів n і k) одношарових плівок у залежності від d . Нами були отримані розмірні залежності величин n і k для одношарових плівок Co, Fe і Cu в діапазоні $d = 5 \div 60$ нм. Показано, що значення оптичних коефіцієнтів монотонно збільшуються зі збільшенням товщини і досягають значень для масивних зразків n_0 і k_0 у всіх трьох випадках. Отримані дані слід використовувати при виборі попередніх орієнтовних значень оптичних коефіцієнтів окремих шарів, товщини яких будуть розраховуватися.

Керівник: Чешко І.В., доцент

1. О.В. Федченко, С.І. Проценко, *Моделювання та інформаційні технології* **258-265**, 3 (2010).

Формування чутливого елементу датчика магнітного поля на основі Co і Cu

Манько А.В., студент; Нагорний С.С., аспірант
Сумський державний університет, м. Суми

Для формування чутливих елементів датчиків магнітного поля було запропоновано використовувати метод пошарової конденсації у вакуумі Co і Cu товщиною окремих шарів від 1 до 20 нм та послідовністю в залежності від функціонального призначення готового чутливого елементу. Для швидкодіючих датчиків цифрового призначення доцільно формувати багатошарові наноструктури спін-вентильного типу «сендвіч» Co(4÷12 нм)/Cu(4÷8 нм)/Co(20 нм)/П (П – підкладка). Нижній магнітожорсткий шар Co додатково закріплюється високою температурою підкладки $T_n = 950$ К, що забезпечує високі значення коерцитивної сили нижнього шару Co. Чутливий елемент на основі такої багатошарової структури в залежності від величини прикладеного зовнішнього магнітного поля може знаходитися у двох станах: «високому» та «низькому» значенні опору, що може забезпечувати стійкі стани логічного «нуля» та «одиниці».

Для високочутливих датчиків магнітного поля з лінійними робочими залежностями опору від прикладеного магнітного поля $R(B)$ з максимальним значенням опору при $B = 0$ Тл можна використовувати багатошарові плівкові системи на основі Co і Cu у вигляді мультишарів [Co(1÷3 нм)/Cu(1÷3 нм)]_n/П (де n – число фрагментів) або плівкову систему з гранульованого твердого розчину т.р. (Cu, Co) отриману шляхом одночасної конденсації або пошарової конденсації компонент з подальшим термовідпалюванням при 700÷900 К.

Комбінація обох систем у багатошарову складну плівкову структуру спін-вентильного типу, у якій верхній магнітом'який шар замінюється на мультишар дає змогу сформувати багатфункціональний чутливий елемент датчика магнітного поля. Робоча характеристика $R(B)$ такого чутливого елементу буде мати два максимуму при $B = 0$ Тл та B_c (коерцитивності нижнього шару), що може забезпечити стабільну роботу даного елемента в трьох логічних станах.

Керівник: Чешко І.В., доцент

Вплив температури підкладки на структурні характеристики плівок MgO, отриманих методом спреї-піролізу

Ткаченко Д.О., студент; Д'яченко О.В., аспірант;
Опанасюк Н.М., доцент
Сумський державний університет, м. Суми

Оксид магнію – широкозонний напівпровідник, який завдяки своїм фізико-хімічним властивостям має широке практичне застосування. Його використовують як хімічно стабільний буферний шар для вирощування високотемпературних надпровідників і фєроелектричних матеріалів, як діелектричний шар у плазмових панелях та ін. Крім того сполука знайшла застосування як просвітлюючий шар сонячних фотоперетворювачів, матеріал затворів МОП-транзисторів тощо.

Плівки оксиду магнію були отримані на скляних підкладках методом спреї-піролізу. Як прекурсор використовувався розчин хлориду магнію ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) в дистильованій воді з концентрацією 0,2 М. Синтез шарів проводилось в діапазоні температур підкладки в інтервалі від $T_s = 640$ К до 690 К з кроком 10 К. Швидкість розпилення дорівнювала 5 мл/хв. Структурні дослідження плівок були виконані на рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07 у K_α випромінюванні мідного анода. Знімання проводилось у діапазоні кутів 2θ від 20° до 80° , де 2θ – брегівський кут.

В результаті досліджень було встановлено, що отримані плівки були однофазними та містили кубічну фазу MgO. Були розраховані значення сталих кристалічної ґратки матеріалу ($a = 0,4215-0,4227$ нм). Виявлено тенденцію до деякого збільшення a в інтервалі температур $T_s = 640-660$ К, з наступним зниженням значень сталої ґратки при більших температурах.

Встановлено, що розмір областей когерентного розсіювання (ОКР) та рівень мікрдеформацій у напрямі перпендикулярному кристалографічній площині (111) складав $L \sim 16,2-42,8$ нм та $\varepsilon \sim (1,89-4,35) \cdot 10^{-3}$ відповідно. За величиною мікрдеформацій ν та розміром ОКР L проведена оцінка середньої густини дислокацій, що утворюють їх межі ($\rho_L = 1,14-3,85 \cdot 10^{-15}$ лін/м²), знаходяться в середині субзерен ($\rho_\nu = 2,04-9,84 \cdot 10^{15}$ лін/м²) та повної ($\rho_{L\nu} = 1,02-1,87 \cdot 10^{16}$ лін/м²).

Magneto-optical Studying of Magnetic Nanoparticle Arrays, Obtained by Thin Metal Films Thermal Treatment

Zlenko V.A., *Assistant*; Demydenko M.G., *Senior lecturer*;
Protsenko S.I., *Professor*
Sumy State University, Sumy

Magnetic nanoparticle assemblies were obtained using thermal annealing of thin Co films (initial effective film thickness 1,5-1,8 nm), condensed by thermal evaporation on $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Si}$ substrates. After condensation samples were annealed ($T = 1020$ K) in vacuum (residual gas pressure $P = 10^{-7}$ Pa). Magneto-optical properties of samples before and after thermal annealing were studied using MOKE in longitudinal measurement geometry. Fig. 1a, b gives MOKE data for non-annealed and annealed samples with different initial Co thickness.

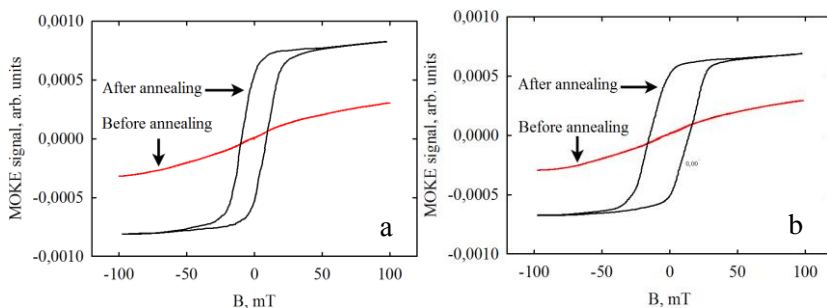


Figure 2 – MOKE hysteresis loops, measured from Co nanoparticle arrays (initial effective thickness of metal film 1,5 nm (a) and 1,8 nm (b), annealing temperature $T = 1020$ K). Inserts on figures a and b shows AFM images of samples after thermal annealing

MOKE curves clearly indicate appearance of MOKE hysteresis loops after annealing. Also AFM image inserts on figure shows increasing in nanoparticle sizes with increasing of initial metal film thickness. Average particle size, measured from AFM data excluding convolution contribution amounts 7,2 and 10,4 nm (horizontal), 3,3 and 3,6 nm (vertical) for samples a and b respectively. Furthermore spectroscopy ellipsometry calculations well correlates with this values (calculated Co thickness of annealed samples amounts 3,5 and 3,7 nm for sample a and b respectively).

EPR of Mn²⁺ and Eu²⁺ in PbTe Thin Films Grown by Laser-assisted Deposition Technique

Plyatsko S.V.¹, Senior researcher; Gromovoj Yu.S.¹, Senior researcher;
Rashkovetskyi L.V.¹, Researcher; Kadyshhev S.K.², Senior researcher

¹ Institute of Semiconductor Physics, 45, Nauki Pr., 03028 Kiev, Ukraine

² J. Balasagyn Kyrgyz National University named after J. Balasagyn,
547, Frunze Str., 720033 Bishkek, Kyrgyz Republic

Electron paramagnetic resonance (EPR) of Mn²⁺ and Eu²⁺ in thin films PbTe and also crystal structures of films grown by laser-assisted deposition technique (LAD) on different substrates at relatively low temperatures ($T = 293\text{-}573$ K) are analyzed. The investigations of EPR indicated to verify the crystalline quality of IV-VI layers. In the layers deposited from the Pb(Ge)Te : Mn and PbTe : Eu targets, measurements of the EPR spectra with the orientation of the magnetic field perpendicular to the layer surface exhibited satellite lines near each HFS line ($\Delta H \cong 4.5$ Oe), caused by superhyperfine interaction (SHFI) of Mn²⁺ 3d⁵ and Eu²⁺ 4f⁷ electrons with the nuclear moments of ¹²⁵Te and ¹⁵³Te in the first coordination shell. In this case the SH parameters are the next:

PbTe : Mn – $g = 1.9975 \pm 0.0005$, $A = (59.9 \pm 0.2) \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$, and
 $a_{\text{Te}} = (15.8 \pm 0.2) \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$, PbTe : Eu – $g = 1.997510 \pm 00055$,
 $b_4 = (40.1 \pm 0.45) \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$, $b_6 = (-0.63 \pm 0.45) \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$, $A =$
 $(27.0 \pm 0.45) \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$, $a_{\text{Te}} = (11.8 \pm 0.45) \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ for the ¹⁵¹Eu isotope,
 $A = (11.9 \pm 0.45) \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ for the ¹⁵³Eu isotope.

where a_{Te} is SHFI constant.

Due to the heavy overlap of the EPR lines, the value of the SHFI constant for the ¹⁵³Eu isotope can't be determined. The ratio of the HFI constants, $A(^{151}\text{Eu})/A(^{153}\text{Eu})$ obtained from the experimental data is equal to the ratio of the nuclear magnetic moments for these isotopes.

The IR-laser Treatment of Solid Solution PbGeTe : Mn

Plyatsko S.V.¹, *Senior Researcher*; Gromovoj Yu.S.¹, *Senior researcher*;
Rashkovetskyi L.V.¹, *Researcher*; Slyn'ko E.I.², *Senior researcher*;
Kadyshch S.K.³, *Senior researcher*

¹ Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine, 45, Nauki Pr.,
03028 Kiev, Ukraine

² Institute of Material Science NAS of Ukraine, Chernivtsy, Ukraine

³ J. Balasagyn Kyrgyz National University named after J. Balasagyn, 547,
Frunze Str., 720033 Bishkek, Kyrgyz Republic

The results of an experimental study of the electrophysical properties and ESR of the $\text{Pb}_{1-x}\text{Ge}_x\text{Te}$ ($x = 0.03$) doped with Mn, and of laser-induced transformations of intrinsic and impurity defects under the influence of IR-laser light are presented.

The power density (W) of the laser radiation is always below threshold and the thermal transformation of defects. Applying the IR laser radiation it is possible to order the native and impurity defects and destroy the enriched regions in the lattices of the bulk crystals. The laser-stimulated changes of the samples are of a bulk nature. It was shown that under the IR laser treatment one can not only the carrier concentration in these crystals, but also the type of conductivity in them caused by redistribution of intrinsic and impurity components in lattices and compensations of electrically active vacancies. After the laser treatment the mobility of free carriers was grown up to several times and was equal to that one observed in perfect single crystals. Observation of hyperfine and superhyperfine interactions in PbGeTe solid solution doped by Mn after laser treatment testify to homogeneous distribution of such kind of impurities in metal sublattice of crystals. In the case of Mn-doped crystals, which were not exposed to laser radiation, the ESR spectra consisted of six isotropic hyperfine structure lines due to the interaction between the $3d^5$ electrons of Mn^{2+} with an intrinsic nuclear moment ($I = 5/2$) of the ^{55}Mn isotope. Interaction of laser radiation with crystals resulted eventually in an increase in the integral intensities of isolated hyperfine structure lines in the ESR spectrum.

The constants of the spin Hamiltonian of the interstitial and site Mn in the PbGeTe lattice were determined.

Експериментальні результати вимірювання екситонних спектрів GaSe і (КОН)GaSe при 293 К і 77 К

Цибуленко Ю.М., *аспірант*

Інститут проблем матеріалознавства імені І.М.Франкевича,
НАН України, Чернівецьке відділення, м. Чернівці

Проведені вимірювання спектрів пропускання в області екситонного поглинання 2,095-2,14 еВ монокристалічних зразків GaSe та (КОН)GaSe (зразки селеніду галію витримувались в розчині КОН). Вимірювання спектрів пропускання GaSe та (КОН)GaSe проводились при температурах 293 К і 77 К.

Згідно проведених вимірювань спектрів пропускання при 293 К і 77 К встановлені енергетичні положення першого ($n = 1$) і другого ($n = 2$) екситонних максимумів для сполук GaSe та (КОН)GaSe.

$$T = 293 \text{ К}$$

$$\text{GaSe} : E_{\text{екс}} = 2,0008 \text{ еВ}$$

$$\text{(КОН)GaSe} : E_{\text{екс}} = 2,0003 \text{ еВ}$$

$$T = 77 \text{ К}$$

$$E_{\text{екс}} : E_{\text{екс}}(n = 1) = 2,102 \text{ еВ};$$

$$E_{\text{екс}}(n = 2) = 2,112 \text{ еВ}$$

$$\text{(КОН)GaSe} : E_{\text{екс}}(n = 1) = 2,106 \text{ еВ};$$

$$E_{\text{екс}}(n = 2) \text{ розмивається в полосу.}$$

Таким чином, встановлені високоенергетичні зміщення $\Delta E_{\text{екс}}$ першого екситонного максимуму $\sim 2,2$ меВ ($T = 293 \text{ К}$) і 4 меВ ($T = 77 \text{ К}$) при переході від GaSe до (КОН) GaSe. Виходячи із температурних досліджень спектрів пропускання, визначені температурні коефіцієнти зміщень першого екситонного максимуму $dE_{\text{екс}}/dT$ «чистих» та підданих впровадженню КОН шаруватих кристалів для температур 77 і 293 К. Для GaSe : $dE_{\text{екс}}(n = 1)/dT = -4,67 \cdot 10^{-4}$ еВ/град, для (КОН) GaSe коефіцієнт $dE_{\text{екс}}/dT = -4,93 \cdot 10^{-4}$ еВ/град.

Керівник: Ковалюк З.Д., *професор*

Ефект поверхневого плазмонного резонансу у плівках SnS_2

Стеценко М.О.¹, *аспірант*; Возний А.А.², *аспірант*;

Руденко С.П.¹, *старший науковий співробітник*;

Максименко Л.С.¹, *молодший науковий співробітник*

¹ Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ,
м. Київ

² Сумський державний університет, м. Суми

Сполуки Sn_xS_y , зокрема SnS_2 , в наш час вважаються одним з найбільш перспективних матеріалів для використання у плівкових фотоперетворювачах сонячної енергії. Збільшення їх ефективності можливе шляхом використання поверхневого плазмонного резонансу (ППР). З іншого боку дослідження ППР у плівках Sn_xS_y може дати інформація про їх структурний стан та деякі інші фізичні властивості.

В роботі методом ППР вивчені плівки SnS_2 отримані методом термічного випаровування сполуки у квазізамкненому об'ємі. Напівпровідникові шари отримані при температурі підкладки $T_s = 175\text{-}275$ °C та температурі випарника $T_e = 675$ °C мали товщину $d = 50$ нм. Поверхневий плазмонний резонанс досліджувався методом модуляційної поляри-заційної спектроскопії [1].

Показано, що у кутових та спектральних характеристиках поляризаційної різниці $\rho(\lambda, \theta) = Rs^2 - Rp^2$ коефіцієнтів внутрішнього відбивання s - та p -поляризованого випромінювання в діапазоні довжини хвилі $\lambda = 400\text{-}1000$ нм реалізується два механізми резонансної взаємодії випромінювання з електронною підсистемою зразків, що супроводжується збудженням в них локалізованих поверхневих плазмонів та поверхневих плазмон-поляритонів. Аналіз дисперсійних характеристик $\omega(k)$ свідчить про наявність трьох частотних гілок, з яких одна у радіаційній області відповідає збудженню локалізованого радіаційного плазмону.

Встановлено зв'язок між особливостями спектрів ППР та структурними характеристиками плівок SnS_2 .

1. В.К. Serdega, S.P. Rudenko, L.S. Maksimenko, I.E. Matyash, *Polarimetric Detection, Characterization and Remote Sensing* 473 (2011).

Структурні властивості плівок SnS_2 , отриманих методом термічного вакуумного випаровування у КЗО

Пугач М.М., студент; Возний А.А., аспірант;
Косяк В.В., докторант; Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Сьогодні дисульфід олова привертає увагу дослідників як перспективний матеріал для створення різноманітних сенсорів та віконних шарів тонкопліткових сонячних елементів, що можуть замінити традиційний шар CdS . Токсичність кадмію сприяє пошуку нових альтернативних матеріалів вікон фотоперетворювачів. Такий матеріал повинен мати n -тип провідності та велику ширину забороненої зони. Цим вимогам повністю задовольняє SnS_2 , який має електронний тип провідності та ширину забороненої зони $E_g = 2,12-2,44$ еВ. Крім цього сполука не токсична, її елементи (Sn та S) дешеві та широко поширені у природі.

Мета роботи полягала у дослідженні впливу температури підкладки на структурні та субструктурні властивостей тонких плівок SnS_2 . Зразки були отримані методом термічного вакуумного випаровування у квазізамкненому об'ємі (КЗО). Структурно-фазовий стан плівок був досліджений методом рентгенодифрактометрії.

Показано, що досліджені тонкі шари є полікристалічними та складаються з зерен, що мають пластинчасту форму. Розмір пластин змінюється в діапазоні $d = 0,7-1,2$ мкм, та залежить від температури підкладки.

Аналіз рентгенограм показав, що плівки одержані в інтервалі температур $473 < T_s < 723$ К в основному містять гексагональну фазу SnS_2 з переважною текстурою $[002]$. Одночасно в шарах виявлена невелика кількість сполуки Sn_2S_3 з орторомбічною структурою.

Встановлено, що параметри елементарної комірки плівок SnS_2 , визначені за методикою Нельсона-Ріллі, монотонно збільшують своє значення в інтервалі $a = 0,3637-0,3647$ нм; $c = 0,5703-0,5743$ нм при збільшенні температури підкладки.

Структурні властивості плівок Sn_2S_3

Пугач М.М., студент; Возний А.А., аспірант; Косяк В.В., докторант
Сумський державний університет, м. Суми

Сполука Sn_2S_3 в наш час вважається одним з перспективних матеріалів для використання як поглинаючий шар плівкових фотоперетворювачів. Вона також являється потенційним кандидатом для використання в фотоприймачах та тонкоплівкових транзисторах. Сполука Sn_2S_3 має n -тип провідності та ширину забороненої зони $E_g = 1,05$ еВ. Енергія активації матеріалу становить $E_a = 0,14$ еВ, а питома провідність – $\sigma = 1,3 \cdot 10^{-2}$ (Ом·см)⁻¹ [1].

В даній роботі було проведено дослідження морфології поверхні та структури отриманих плівок Sn_2S_3 , отриманих методом термічного вакуумного випаровування у квазізамкненому об'ємі (КЗО), в залежності від температури підкладки T_s . Рентгеноструктурний аналіз був проведений на рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07. Морфологія поверхні сконденсованих плівок, досліджувалась за допомогою сканувального електронного мікроскопа (РЕМ-102Е).

Було встановлено, що всі досліджені плівки були однофазними та мали орторомбічну структуру. Розраховані параметри кристалічної ґратки матеріалу які складають: $a = 0,88741-0,89129$ нм, $b = 0,37525-0,37568$ нм, $c = 1,40209-1,40948$ нм. Дослідження морфології поверхні показало, що отримані шари складаються з зерен, що мають пластинчасту форму з товщиною ~ 300 нм. При збільшенні температури підкладки спостерігалася тенденція до збільшення розміру пластинчастих кристалітів від 0,7 мкм до 4,2 мкм.

1. A. Sanchez-Juarez, A. Ortíz, *Semiconductor Sci. Technol.* **17**, 931 (2002).

Спектри електрохімічного імпедансу системи $\text{Li}/\text{Cu}_4\text{Bi}_6\text{S}_{11}$

Ковалюк З.Д., професор;

Мінтянський І.В., старший науковий співробітник;

Савицький П.І., старший науковий співробітник

Інститут проблем матеріалознавства НАН України,

Чернівецьке відділення, м. Чернівці

У роботі представлені результати досліджень гальванічної пари $\text{Li}/\text{Cu}_4\text{Bi}_6\text{S}_{11}$, а також електронних та іонних властивостей системи методом імпедансної спектроскопії. Досліди виконані для елементів типорозміру „2325”. Дискподібні електроди діаметром 19,5 та висотою 1,15 мм формувалися із дрібнодисперсного ($d \leq 75$ мкм) порошку у пресформі під тиском $\sim 10^3$ кг/см². Для механічної міцності до катодної суміші додавалась в'язуча речовина, а для ефективного використання $\text{Cu}_4\text{Bi}_6\text{S}_{11}$ – випаровувач. Після прогріву електрода у вакуумі формувалася пориста структура з об'ємом пор ~ 20 %. Дисківі Li аноди мали діаметр 18 і товщину 0,8 мм. Як електроліт використано 1М розчин LiBF_4 в γ -бутиролактоні.

Досліджено структуру катодного матеріалу після розряду. Спектр рентгенівської дифракції показав присутність металічних фаз Bi , Cu та сульфіду літію Li_2S , що дозволило як механізм струмоутворення запропонувати реакцію $22\text{Li} + \text{Cu}_4\text{Bi}_6\text{S}_{11} \rightarrow 11\text{Li}_2\text{S} + 6\text{Bi} + 4\text{Cu}$. Обчислена згідно неї ємність елементів становить ≈ 350 мА·год і добре узгоджується з експериментом.

На початковій стадії розряду імпедансні спектри містять одне велике деформоване півколо у високочастотній області. Його діаметр та загальний імпеданс зростають з глибиною розряду. На кінцевій стадії виникає менше півколо при нижчих частотах. Дві еквівалентні схеми, які відрізняються тільки QR-ланкою Войта, були використані для моделювання імпедансних даних за допомогою програми ZSimpWin 3.21. Вони включають дві або три паралельні (QR)-ланки, послідовно з'єднані між собою, і добре відтворюють експеримент. Перше (R_1Q_1)-коло можна пов'язати з імпедансом поверхневої плівки на літійовому електроді. Імпеданс зарядопереносу на початку розряду ледве помітний, але зростає з глибиною, як це показують зміни R_2 та Q_2 . Третє (R_3Q_3)-коло необхідне тільки на проміжних стадіях розряду і відображає інтерфейс між зовнішньою та внутрішньою (ще не прореагованою) областями часток активної речовини.

Вплив інтеркалювання “Wine” на імпеданс шаруватих кристалів InSe

Фешак Т.М., *аспірант*

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

Останнім часом значна увага приділяється одержанню і дослідженню властивостей шаруватих напівпровідників та створенню на їх основі нових приладів. Саме наявність в кристалічній структурі шаруватих кристалів слабого ван-дер-ваальсового зв'язку дає можливість впроваджувати іони, атоми або молекули. Відкриття явища інтеркаляції [1] значно розширило технологічні можливості впливу на властивості шаруватих кристалів.

Інтеркаляцію проводили експозиційним методом – витримкою кристалів InSe у “Wine” при кімнатній температурі. Внаслідок чого основним параметром інтеркаляції був час експозиції.

Інтеркаляція “Wine” призводить до зменшення імпедансу досліджуваних зразків на один порядок уже після першого тижня інтеркаляції. Крім того, електропровідність та концентрація основних носіїв заряду для зразків InSe<Wine> збільшилися, при чому рухливість носіїв заряду значно зменшилася.

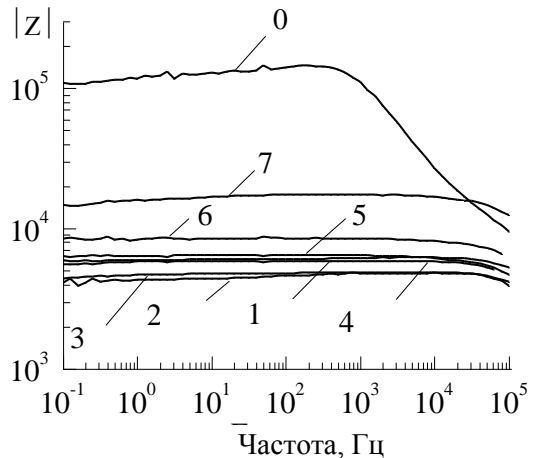


Рисунок – Частотна залежність імпедансу для зразків InSe<Wine> інтеркальованих на протязі 7-ми тижнів

Керівник: Ковалюк З.Д., *професор*

1. W.R. McKinnon, R.R. Haering, *Mod. Asp. Electrochem.* No 15, 235 (1983).

Першо-принципні розрахунки кластерів парової фази матеріалів системи As-S

Ковтуненко В.С., доцент; Мешко Р.О., аспірант;

Рябощук М.М. доцент

Ужгородський національний університет, м. Ужгород

Неодноразові спроби «розшифрувати» деталі атомної будови аморфних матеріалів поки що не дали реальних результатів. По відношенню до плівок така задача може бути вирішена лише при врахуванні всіх фізико-хімічних процесів формування атомної сітки аморфних шарів в умовах їх вакуумної конденсації. Зокрема, наявність у паровій фазі матеріалів системи As-S стабільних багато атомних комплексів і загартування їх неупорядкованих структур у конденсованих плівках є суттєвим фактором формування різних структурних одиниць атомної сітки халькогенідів миш'яку. З цієї причини важливими є експериментальні мас-спектрометричні дослідження парової фази цих матеріалів. Але із їх результатів можна визначити лише хімічний склад та концентрацію різних частинок цієї фази. У якій формі ці частинки перебувають у парі, яка їх структура та енергія – на ці питання мас-спектрометрія відповіді не дає. Для їх отримання ми застосовуємо першо-принципні методи квантово-механічних розрахунків різних частинок-кластерів As_nS_m ($n, m = 0 - 4, n + m < 5$) методом DFT за допомогою комп'ютерного пакету GAMESS.

У результаті розрахунків встановлено, що із семи можливих двохатомних частинок у парі з найбільшою імовірністю мають реалізовуватися кластери у вигляді молекул As_2 і S_2 та радикала AsS з подвійним хімічним зв'язком. Всі інші двохатомні радикали мають значно вищу енергію утворення і їх присутність у парі малоімовірна.

Для трьохатомних частинок As_nS_m вивчено 17 різних ізомерних форм кластерів As_3 , As_2S , AsS_2 та S_3 . Всі ці кластери проявляються у мас-спектрах матеріалів системи As-S. Із усіх вказаних структур лише сім мають досить низьку енергію утворення і, відповідно, можуть бути присутні в парових потоках матеріалів системи As-S. П'ять із таких стабільних кластерів мають трикутну геометричну форму, а два кластери AsS_2 мають ланцюгову форму.

Оцінки показують, що кількість різних ізомерних форм чотирьохатомних кластерів As_nS_m перевищує 70. Більшість із них є

радикалами і лише невелика їх частка може вважатися молекулами або близькими до молекул атомними утвореннями. При цьому лише останні є досить стабільними в паровій фазі кластерами матеріалів системи As-S і утворюють 12-14 найімовірніших геометрій. Основною із них є чотирикутник, який характерний для шести чотирьохатомних кластерів всіх хімічних складів As_nS_m . Іншими найбільш імовірними стабільними геометричними формами таких кластерів є ланцюг, зірка та тетраedr. У залежності від хімічного складу кількість стабільних кластерів розподіляється так: $S_4 - 3$, $AsS_3 - 3$, $As_2S_2 - 3$, $As_3S - 1$, $As_4 - 3$. Цікаво відмітити, що у мас-спектрах матеріалів системи As-S практично не зустрічаються саме кластери As_3S , які мають всього одну стабільну структурну форму.

У межах середньої похибки квантово-механічних енергетичних розрахунків для всіх досліджених найбільш стабільних 23 кластерів As_nS_m енергія їх утворення на один атом лежить у діапазоні від 1,9 до 2,5 еВ/атом із середнім значенням $\sim 2,2$ еВ/атом. Крім того, розраховані енергії хімічних зв'язків у кластерах As_nS_m добре узгоджуються з наявними експериментальними даними. При цьому у замкнутих кластерах розраховані енергії зв'язків на 10-20 % менші в порівнянні з ланцюжковими атомними утвореннями. Така поведінка також корелює із експериментальними величинами енергій зв'язків у різних матеріалах системи As-S.

Отримані результати показують ефективність поєднання експериментальних мас-спектрометричних досліджень з квантово-механічними розрахунками для вивчення структури та енергетики парових потоків при випаровуванні ковалентних матеріалів. Такі дослідження дозволяють розв'язати багато й інших нерозв'язаних актуальних питань сучасної нанофізики ковалентних матеріалів: чому в парах концентрація одних кластерів дуже велика, інших мала, а деякі кластери взагалі не зустрічаються в паровій фазі; який є розподіл частинок парової фази за енергіями їх утворення; які структурні та енергетичні параметри хімічного ув'язування атомів визначають стабільність ковалентних кластерів; чи сильно впливає процес іонізації багатоатомних частинок пари, який проходить у мас-спектрометрі, на їх енергетичний стан та структуру та інші?

Керівник: Іваницький В.П., *професор*

Дослідження параметрів міжшарової обмінної взаємодії в магнітних багатшарових наноструктурах методом феромагнітного резонансу

Козак І.М., молодший науковий співробітник;
Кравець А.Ф., старший науковий співробітник;
Поліщук Д.М., молодший науковий співробітник;
Голуб В.О., завідувач відділом
Інститут магнетизму НАНУ та МОНУ, м. Київ

Обмінна міжшарова взаємодія в магнітних багатшарових наноструктурах відіграє ключову роль в формуванні їх магнітних властивостей. Однією із таких структур є вентильна структура $F_1/f/F_{2pin}$, обмінний зв'язок в якій залежить від температурно регульованого магнітного стану слабوماгнітного прошарку f [1, 2].

Температурні залежності магнітних властивостей багатшарових наноструктур з температурно керованим міжшаровим обміном $Ni_{80}Fe_{20}$ (10 нм) / Ni_xCu_{100-x} (d) / $Co_{90}Fe_{10}$ (5 нм) / $Mn_{80}Ir_{20}$ (12 нм) / Cu (5 нм), ($d = 3, 6, 9$ нм, $x = 0, 48, 54, 62$ ат. %), осаджених на термічно окислені кремнієві підкладки методом магнетронного розпорощення, були досліджені методом феромагнітного резонансу. Для слабوماгнітного прошарку був обраний добре досліджений розбавлений феромагнітний сплав Ni-Cu [3], температура Кюрі якого залежить від вмісту нікелю.

Встановлено, що міжшарова обмінна взаємодія між феромагнітними шарами F_1 і F_{2pin} в досліджуваних магнітних наноструктурах підсилюється як при зменшенні d , так і при збільшенні x .

1. S. Andersson and V. Korenivski, *IEEE Trans. Magn.* **46**, 2140 (2010).
2. A.F. Kravets, et al., *Phys. Rev. B* **90**, 104427 (2014).
3. A.F. Kravets, A.N. Timoshevskii, B.Z. Yanchitsky, O.Yu. Salyuk, S.O. Yablonovskii, S. Andersson, and V. Korenivski, *J. Magn. Magn. Mater.* **324**, 2131 (2012).

Гомоперехід n -InSe- p -InSe : Cd з ефективністю 2,8 %

Сидор О.М., науковий співробітник

Чернівецьке відділення інституту проблем матеріалознавства НАНУ,
м. Чернівці

Шаруватий кристал InSe (група A^3B^6) є привабливим матеріалом для перетворювачів сонячної енергії внаслідок високої fotocутливості та оптимальної ширини забороненої зони (1,2 eV). Додатковою перевагою є його висока радіаційна стійкість. Раніше для гетероструктур власний оксид/ p -InSe : Cd, ІТО/ p -InSe : As та p -GaSe:Cu/ n -InSe були досягнуті значення к.к.д. 6,0 [1], 10 [2] і 1,1 % [3], відповідно. Однак, на даний час, відсутні публікації, в яких автори досліджують і оптимізують фотоелектричні параметри гомопереходу (ГП) на основі InSe.

ГП виготовлялися дешевим і технологічно простим методом оптичного контакту двох напівпровідників: нелегованого n -InSe ($n \sim 10^{15} \text{ см}^{-3}$ і $\sim 10^3 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$) та InSe:Cd p -типу ($\sim 10^{14} \text{ см}^{-3}$ і $\sim 70 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$). Площа структур складала $\sim 0,25 \text{ см}^2$.

Створені ГП володіли високими параметрами (при $T = 294 \text{ К}$): коефіцієнтами випростовування $\sim 2 \cdot 10^4$ (при зміщенні 0,7 В) та неідеальності ВАХ $n \approx 1,5$; напругою холостого ходу $U_{\text{хх}} = 0,58 \text{ В}$, струмом короткого замикання $J_{\text{кз}} = 6,2 \text{ мА}/\text{см}^2$, фактором заповнення 0,78 (умови AM1). Для фотоперетворювачів область спектральної чутливості $\Delta\lambda$ складала 0,3-1,01 мкм з максимумом при $\lambda_{\text{max}} = 0,76 \text{ мкм}$. Монохроматичні струмова $S_{I\lambda_{\text{max}}}$ та вольтова $S_{U\lambda_{\text{max}}}$ чутливості дорівнювали 0,26 А/Вт і $1,1 \cdot 10^4 \text{ В}/\text{Вт}$ відповідно.

У результаті оптимізації технології створення ГП n - p -InSe, для даного типу структур вперше була досягнута ефективність 2,8 %.

1. З.Д. Ковалюк, и др., *Альтерн. енерг. и эколог.* **10**, 23 (2006).
2. J. Martinez-Pastor, et al., *J. Appl. Phys.* **62**, 1477 (1987).
3. S. Shigetomi, et al., *J. Appl. Phys.* **88**, 1520 (2000).

Дисперсійні властивості тонких плівок $(Y_{0.06}Ga_{0.94})_2O_3$

Медвідь І.І., *аспірант*; Бордун Б.О., *студент*

Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів

В роботі досліджено оптичні властивості тонких плівок $(Y_{0.06}Ga_{0.94})_2O_3$, які є модифікацією широко досліджуваних плівок Ga_2O_3 , у яких частина іонів Ga^{3+} була замінена на іони Y^{3+} , що не вимагало локальної компенсації електричного заряду.

Тонкі плівки $(Y_{0.06}Ga_{0.94})_2O_3$ товщиною 0.2-1.0 мкм отримані ВЧ іонно-плазмовим розпиленням на підкладках із плавленого кварцу.

Для опису дисперсії показника заломлення плівок відпалених в атмосфері кисню і аргону в досліджуваному спектральному діапазоні нами використана одноосциляторна трипараметрична модель, яка певною мірою є дещо видозмінена зельмеєрівською апроксимацією:

$$n^2 - A = \frac{E_0 E_d}{E_0^2 - E^2}. \quad (1)$$

де A – коефіцієнт апроксимації; E_0 – енергія в максимумі смуги поглинання, яка визначає спектральний хід показника заломлення; E_d – дисперсійна енергія (сила осцилятора).

Таблиця 1 – Кристалохімічні та енергетичні параметри дисперсійної кривої у співвідношенні (1)

Плівка	A	E_0 , eВ	E_d , eВ
$(Y_{0.06}Ga_{0.94})_2O_3$ (I)	1.75	7.79	9.57
$(Y_{0.06}Ga_{0.94})_2O_3$ (II)	1.63	6.28	8.47

I – плівки відпалені в атмосфері кисню, II – аргону.

Отримані результати дозволяють стверджувати, що спектральна залежність показника заломлення у видимій області в тонких плівках $(Y_{0.06}Ga_{0.94})_2O_3$ в основному визначається переходами із зони $2p$ -станів кисню, що формують верхній заповнений рівень валентної зони, в дно зони провідності, утворене гібридизованими $2p$ -станами O і $4s$ -станами Ga.

Керівник: Бордун О.М., *професор*

Вплив опромінення швидкими нейтронами на фотолюмінесценцію тонких плівок CdZnTe

Рашковецький Л.В., науковий співробітник;
Стрільчук О.М., старший науковий співробітник;
Пляцко С.В., старший науковий співробітник
Інститут фізики напівпровідників НАН України, м. Київ

Дослідження радіаційно-термічної стабільності сенсорів на основі монокристалів і плівок телуриду кадмію є надзвичайно актуальною задачею.

У даній роботі вперше представлені результати досліджень впливу потоку швидких нейтронів на спектри низькотемпературної (77К) фотолюмінесценції тонких плівок $Cd_{1-x}Zn_xTe$ ($x = 0.1$ мол. дол.) товщиною 10-20 мкм, вирощених методом рідинної епітаксії з телурового розчину при температурі 500 °С, на підкладках CdTe.

Спектри фотолюмінесценції вихідних плівок $Cd_{1-x}Zn_xTe$ при 77К складаються з трьох смуг: найінтенсивніша смуга випромінювання відповідає зв'язаному екситону на нейтральному донорі D^0X $h\nu_m = 1.639$ eВ, та її LO- фононного повторення $h\nu_m = 1.60$ eВ ($h\nu_{LO} = 0.0215$ eВ) і досить широкої смуги, зумовленої відносно глибокими дефектами, пов'язаними з А-центрами ($h\nu_m = 1.4-1.55$ eВ).

При опроміненні плівок $Cd_{1-x}Zn_xTe$ потоком швидких нейтронів 10^{13} н/см² спостерігалось зниження інтенсивності фотолюмінесценції екситонної смуги у 1.5-2 рази, інтенсивність смуги А-центрів не змінювалася. При збільшенні потоку швидких нейтронів до 10^{15} н/см² відбувалось незначне зниження інтенсивності D^0X та підвищення (у 2 рази) інтенсивності випромінювання А-центрів.

Аналіз закономірностей зміни інтенсивностей смуг низькотемпературної фотолюмінесценції, що спостерігається при опроміненні потоком швидких нейтронів свідчить про те, що при опроміненні потоком 10^{13} н/см² зниження інтенсивності D^0X відбувається внаслідок зменшення центрів випромінювальної рекомбінації через їх взаємодію з радіаційними дефектами. Підвищення ж інтенсивності смуги А-центрів при опроміненні плівок потоком швидких нейтронів 10^{15} н/см² пов'язане із зростанням концентрації комплексів власних дефектів та фонових домішок.

Встановлено, що після одного року зберігання опромінених зразків при кімнатній температурі в їх спектрах фотолюмінесценції не відбулося кардинальних змін.

Дослідження наноплівок As_2S_3 на Si і SiO_2 методом ЕФС

Маркович Л.М., науковий співробітник;

Лінтур М.І., науковий співробітник;

Подгорецька Г.Ю., науковий співробітник

Ужгородський національний університет, м. Ужгород

Поверхня відіграє визначну роль при функціонуванні мікро- або нанооб'єктів, а також при їх взаємодії з підкладками, на які вони напорошені та з навколишнім середовищем. Тому дослідження поверхонь перспективних наноструктур різними методами є вкрай важливим для сучасної фізики, техніки і технології. Для зондування досліджуваних поверхонь широко застосовуються в наукових дослідженнях пучки електронів.

Мішені виготовляли на установках ВУП-4 та УВН-71ПЗ термічним випаровуванням. Швидкість конденсації складала в середньому 4-8 нм/с для As_2S_3 . В якості підкладок використовували Si і SiO_2 . Визначення товщин структур проводилося з застосуванням інтерференційних методів контролю. Дослідження взаємодії електронів з поверхнею As_2S_3 проводилось в діапазоні довжин хвиль 200-800 нм, де As_2S_3 опромінювався електронами з енергією $E_n = 450$ еВ, під кутом $\alpha = 15^\circ$ відносно нормалі до поверхні. Кінцевий тиск атмосферних газів в робочій камері становив $P \sim 10^{-9}$ Тор, а електронний струм на мішені $I_{ел.} = 2,1-2,5$ мкА.

У спектрограмах спостерігається неперервне випромінювання в широкому діапазоні довжин хвиль з двома чітко вираженими максимумами близько $\lambda_1 = 300$ і $\lambda_2 = 500$ нм. Випромінювання з максимумом при $\lambda_1 = 300$ нм відповідає електронним міжзонним переходам в As_2S_3 [1]. Значно цікавішим в діагностичному плані є випромінювання з максимумом при $\lambda_2 = 500$ нм. Як показав аналіз літератури [2] із залученням одержаних нами даних по фотолюмінесценції, це випромінювання обумовлене збудженням електронним пучком дефектних кластерів, а саме AsS_3 , As_4S_4 та As_2S_5 . Такі кластери характерні як для плівок, так і для масивних аморфних матеріалів As_2S_3 . Певний внесок в світіння досліджуваних мішеней дають підкладки SiO_2 і Si. На це вказують відмінності в спектрограмах плівок на скляній підкладці і на кремнії: інтенсивність випромінювання плівки As_2S_3 , напорошеної на скляну підкладку, майже в три рази вища, ніж для тої ж плівки на кремнії. Максимум при $\lambda = 420$ нм в спектрі свічення плівки As_2S_3 напорошеної на скло, відповідає особливості, яка характерна для SiO_2 .

1. Т. Кларк, *Компьютерная химия. Пер. с англ.* (М.: Мир: 1990).
2. Дж. Слэтер, *Методы самосогласованного поля для молекул и твердых тел. Пер. с англ.* (М.: Мир: 1978).

СЕКЦІЯ 5

«Електронне приладобудування»

Automation of Process of Measuring and Control of Technological Water

Tychkov V.V., *Senior Teacher*;
Trembovetskaya R.V., *Associate Professor*
Cherkasy State Technological University, Cherkasy

For determination of fluoride in the different objects of environment and technological solutions the greatest interest presents by itself a crystalline hard membrane electrode, the features of that are a small inertance, protracted term of work, chemical stability in relation to many acids and lyes, Nernst character of dependence of electrode function, that is kept in the interval of a few orders of change of activity of fluoride, absence of influence of oxidants and repairers that are in solutions.

For measuring and control of quality of technological water as measuring of difference of potentials used ionomer universal. For continuous pumping of solutions and reagents used the electromagnetic pump of type «Lemon». A crystalline membrane from fluoride of lanthanum was used as a pickoff of detector from the fluoride electrode. Chlorine-selective electrodes were made a laboratory method [Patent UA № 3914]. Blocks of analyzer – metering faucet-device, analytical module, reactor, detector are made in laboratory terms and have the again worked out constructions. For more sensible and selective determination of fluoride there was the conducted optimization of choice of composition of buffer solution in technological water [Request UA in 2014 № 10224].

For verification of work of flow-injection ionometric of the informatively-measuring system and measuring methodology approbation of work is conducted on determination of fluoride in the next sources of his possible presence: plumbing and boiled tap water, Cherkasy; water is well-decked, Great Kanivtsi; mineral fertilizer for room plants «Vita»; mining hole water of trolleybus management, Cherkasy; liquid complex fertilizer, producer of cotton WOOLS «Nitrogen», Cherkasy; tooth-pastes of home and foreign production; mining hole and well water, Tuboltsu; salt water, estuary Kyjalnik, Odessa; rain-water, Cherkasy; sewer water of «Azot», thundershower sewage system, 20 well and 20 chamber.

The Electronic Properties of Film Materials Based on Fe and Pt or Ge

Vlasenko O.V., *Assistant*; Poduremne D.V., *PhD Student*;
Odnodvoret's L.V., *Associate Professor*
Sumy State University, Department of Applied Physics, Sumy

On the basis of thin films in microelectronics made the following elements of integrated circuits (IC): film resistors; electrodes (electrode film capacitors, spiral inductors busducts, installation guides, closures MIS – transistors) contact paths and platforms; auxiliary elements. Electrical connection of metals and semiconductors with metallic conductors is performed using layered condensation and formation of ohmic contacts not rectifier, the quality of which is largely dependent parameters and characteristics of microelectronic devices, their reliability and durability. The metal / semiconductor (Me / Sem) can be rectifying (if potential barrier between the metal and semiconductor tunnel-opaque) or ohmic (potential barrier if it's missing or tunnel-transparent to electrons).

Formation of single- and two-layer films based on metals (Fe and Pt) and semiconductor (Ge) was carried out by thermal evaporation by layering condensation. Layered film condensation and annealing systems carried out by thermoresistive at glass ceramic substrate ($T_s \cong 300$ K) and were annealed at $T_a \cong 800$ K (Me / Me) and 1070 K (Me / Sem) for three cycles «heating \leftrightarrow cooling». The crystal structure and phase composition of the samples was investigated methods of electron microscopy (TEM-125K).

Measurement of current-voltage characteristics (CVC) film materials was conducted using circuit technology based NI LabVIEW, which has the following parameters: operating voltage range of the $\Delta U = -20$ V ... + 20 V; supply voltage 220 V; protection from external factors (magnetic and electric fields, humidity); temperature range: $\Delta T = +5$... + 40° C; possibility of constructing experimental dependencies in automatic mode; research samples with the value of resistance from 10 Ohm to 10 kOhm.

The device performs the functions analog input, analog output, digital input-output, audio input, output, power supply, digital multimeter (DMM) with USB and consists of a change in measurement accuracy and the power to produce, process and output, switch S1, alternating resistor R1 par value from 100 Ohm to 10 kOhm, four resistors R2-R5 different values, contacts

to measure resistance and two voltmeters. Block LM317 is used to stabilize voltage and current, resistors $R1 = 160 \text{ Ohm}$, $R2 = 520 \text{ Ohm}$, $R3 = 1,2 \text{ kOhm}$, $R4 = 8,9 \text{ kOhm}$ used to change the measurement accuracy.

Research CVC dual-layer films of Fe / metal and Fe / semiconductor indicate their linear and symmetrical (Fig. 1). Thus, for films Fe (5 nm) / Pt (5-15 nm) / S (S – substrate) while increasing the voltage from -10 to $+10 \text{ V}$ current increases linearly in the range of -30 to $+30 \text{ mA}$. The steepness of the CVC, which is $S = \Delta I / \Delta U = 4\text{-}6 \text{ mA / V}$, increases with increasing layer thickness Pt.

Properties film of Fe (30) / Ge (5-30) / S meet the requirements for ohmic contacts, namely at forward bias they provide major carriers injected into the semiconductor; the reverse bias – prevent injection of minority carriers in the semiconductor; have a minimum electrical resistance i linear symmetrical CVC, which slope $S = 0,025\text{-}1 \text{ mA / V}$ and increases with increasing layer thickness Ge.

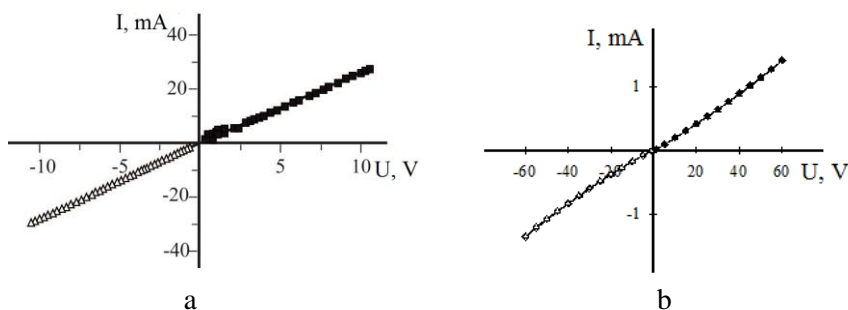


Figure 1 – CVC for annealed to 900 K films Fe (5) / Pt(5) / S (a) and Fe (30) / Ge(25) / S (b)

The nature of the research CVC films associated with the processes of solid phase synthesis in samples after annealing: streamlining processes in materials based Fe and Pt and the formation of magnetic phases germanides FeGe_x systems based on Fe and Ge.

The work performed under the state budget theme №52.20.01-01.15/17 Department of Applied Physics of Sumy State University (2015 – 2017 years).

Supervisor: Protsenko I.Yu., *Professor*

Advanced Noise Generator Method of Flicker Noise Measurement

Reschikoff S.E., *PhD Student*

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

Noise of electronic devices can be measured by comparison using a noise source at input and an output noise meter [1]. It is noise generator method. It can be used to easily obtaining equivalent input noise of semiconductor devices. But this method is usually recommended for higher frequencies, because measurement generator must give white noise [1]. Besides this, we obtain only noise level at broad band.

It is interesting to adapt noise generator method for low-frequency noise measurements. This type of noise is often used for reliability estimation of semiconductor devices [2]. Low-frequency noise is often called flicker noise, $1/f$ -noise or excess noise. It has a non-uniform power spectral density (PSD) dependence on frequency [3].

To find the PSD of equivalent input noise source we must perform measurements by white noise generator at different frequencies. But it is a laborious procedure. For easy low-frequency input noise PSD estimation we propose the following method.

On the first stage of measurement we perform analog-to-digital convert (ADC) of semiconductor device (for example, transistor) output noise. Then performing discrete Fourier transform (DFT) of obtained samples.

On the second stage we perform digital-to-analog convert (DAC) of recorded samples. Digital-to-analog converter signal enter to semiconductor device input through attenuator. Simultaneously we are performing DFT of a corresponding output noise. Adjusting the input noise is carried out until the doubling of output noise.

Then we can compare output noise PSD and equivalent input noise PSD. After estimation of nonlinear distortion, we can adjust the measurement source of input noise.

Supervisor: Sergeev V.A., *Associate Professor*

1. C.D. Motchenbacher, J.A. Connelly, *Low noise electronic system design* (New York: John Wiley & Sons: 1993).
2. V.A. Sergeev, O.A. Dulov, *Meas. Tech.* **51**, 1122 (2008).
3. A. Piersol, *Shock Vib.* **1**, 33 (1993).

Упорядковані тверді розчини на основі Fe або Co і Pd як матеріали для надщільного запису інформації

Карпенко К.Г., аспірант; Олешко Ю.С, магістрант;

Одноворець Л.В., доцент

Сумський державний університет, кафедра прикладної фізики, м. Суми

Дослідження властивостей упорядкованих плівкових систем (FePd, FePt, CoPd, та ін.), в яких реалізуються ефекти гігантського (ГМО) і анізотропного магнітоопору, в умовах твердофазних реакцій представляють науковий інтерес з точки зору їх застосування як матеріалів запам'ятовуючих елементів. У магнітних плівкових наноструктурах при певних умовах може сформуватися вісь легкого намагнічування (ВЛН), направлена перпендикулярно до її площини, це забезпечує малі розміри перемагнічених ділянок та інформаційну ємність магнітних носіїв. Таким чином, формування нових функціональних матеріалів магнітоелектроніки повинно бути направлено на зниження температури утворення упорядкованих фаз і контроль кристалографічної орієнтації зерен під час термічної обробки.

Плівкові матеріали на основі Fe або Co і Pd були сформовані методом одночасної конденсації з двох джерел на ситалову підкладку у технологічному вакуумі. Товщина плівок контролювалася методом кварцового резонатора. Термовідпалювання зразків проводилось за трьома циклами «нагрівання ↔ охолодження» в інтервалі температур 300 – 800 К. Дослідження магніторезистивних властивостей систем здійснювалось при $T \cong 300$ К у зовнішньому магнітному полі від 0 до 600 мТл в автоматичному режимі.

Отримано, що термовідпалювання плівкових систем призводить до утворення упорядкованих фаз ГЦК-FePd₃ або CoPd₃ (L1₂) – при концентрації атомів магнітної компоненти 15 – 30 ат.% та ГЦТ-FePd або CoPd – при 45-50 ат.%, що підтверджено результатами електроннографічних досліджень. У зразках спостерігається магнітоопір, зростання амплітуди якого від 0,16-0,20 % (невідпалені зразки) до 0,28-0,30 % (FePd₃), 0,50 % (CoPd₃) і 0,40 % (FePd), 0,65 % (CoPd) пов'язано із процесами упорядкування в системі.

Магнітоопір феромагнітних плівок як елементів тунельних структурПодуремне Д.В., аспірант

Сумський державний університет, кафедра прикладної фізики, м. Суми

Завдяки унікальним властивостям плівкові матеріали феромагнітний метал (ФМ) / діелектрик (Д) / ФМ застосовуються в інформаційних і сенсорних системах як чутливі елементи магнітних запам'ятовуючих пристроїв з довільною вибіркою та сенсорах, принцип функціонування яких заснований на явищі тунельного магнітоопору (ТМО). У системах такого типу при товщині діелектричного шару в декілька моноатомних шарів виникає значна ймовірність того, що електрони зможуть здійснювати тунельний перехід через ізолюючий бар'єр. Для плівкових матеріалів Fe / аморфний Ge / Co [1], CoFe / Al₂O₃ / Co [2] і Fe / Al₂O₃ / Fe [3] величина ТМО при кімнатній температурі складас 14, 12 і 18 % відповідно.

Нами досліджені магніторезистивні властивості феромагнітних плівок на основі атомів Co і Fe, отриманих одночасною конденсацією, при $T \cong 300$ К у зовнішньому магнітному полі від 0 до 450 мТл в автоматичному режимі. Концентрація атомів окремих компонент визначалась розрахунковим методом за відомим співвідношенням.

Результати досліджень магнітоопору плівок Fe / П і (Co + Fe)(30 нм) / П (П – підкладка) вказують на анізотропний характер їх магніторезистивних властивостей (Табл. 1).

Таблиця 1 – Магнітоопір одношарових феромагнітних плівок

Плівка (товщина, нм), концентрація c_{Co}	Магнітоопір, %	
	перпенд. геом. вимірювання	поздовжня геом. вимірювання
Fe(30) / П	0,12	0,16
(Co + Fe)(30) / П, 70 ат.%	0,88	1,60
(Co + Fe)(30) / П, 85 ат.%	1,14	2,90

Керівник: Проценко І.Ю., *професор*

1. M. Julliere, *Phys. Lett. A* **54**, 225 (1975).
2. J.S. Moodera, L.R. Kinder, T.M. Wong, et al., *Phys. Rev. Lett.* **74**, 3273 (1995).
3. T. Miyazaki, N. Tezuka, *J. Magn. Magn. Mat.* **139**, L231 (1995).

Дослідження магнітних властивостей тришарових плівкових систем на основі Ni та Dy

Шутилева О.В., *аспірант*

Сумський державний університет, кафедра прикладної фізики, м. Суми

Робота присвячена встановленню загальних закономірностей магнітних властивостей, таких як залишкова намагніченість (M_r), коерцитивна сила (B_c), намагніченість насичення (M_s) та коефіцієнт прямокутності петель гістерезису (КП) тришарових плівкових систем на основі Ni і Dy у залежності від ефективної товщини прошарку з рідкоземельного металу. Актуальність таких досліджень обумовлена можливістю створення на основі таких плівкових систем функціональних матеріалів для сенсорів магнітного поля і середовища запису інформації.

Зразки Ni(5)/Dy(x)/Ni(20)/П (де $x = 1-30$ нм, П – підкладка) були отримані електронно-променевим методом на підігріту ситалову підкладку ($T_n \cong 460$ К). Термообробка проводилась до $T_e = 700$ К. Магнітні властивості досліджувались при кімнатній температурі у паралельній геометрії вимірювання за допомогою вібраційного магнітометра.

Дослідження намагніченості від зовнішнього магнітного поля дозволили встановити характер петель гістерезису. Для плівок у свіжосконденсованому стані з ефективною товщиною прошарку з Dy більше ніж 20 нм на петлях гістерезису з'являються характерні перегини, які свідчать про пошарове перемагнічування плівок.

Залежності величини коерцитивної сили від ефективної товщини Dy до і після відпалювання у інтервалі $d_{Dy} = 1-20$ нм мають осциляційний, а в інтервалі $d_{Dy} = 20-30$ нм – лінійний характер. Для плівок у свіжосконденсованому стані мінімальне значення $B_c = 2,9$ мТл (при $d_{Dy} = 10$ нм), а максимальне $B_c = 8,5$ мТл (при $d_{Dy} = 30$ нм). Після термообробки значення B_c збільшується в середньому на 30 %. Залежності M_r і M_s від товщини прошарку Dy до і після термообробки мають лінійний характер. Максимальне значення залишкової намагніченості $M_r = 3 \times 10^5$ А/м і намагніченості насичення $M_s = 3,87 \times 10^5$ А/м спостерігається при $d_{Dy} = 1$ нм, мінімальні значення $M_r = 5,7 \times 10^4$ А/м і $M_s = 9 \times 10^4$ А/м при $d_{Dy} = 30$ нм. Після відпалювання величина M_r і M_s зменшуються в середньому на 5 % і 8 % відповідно. Величина КП, яка визначалась зі співвідношення M_r / M_s , у середньому становить КП = 0,7.

Керівник: Черноус А.М., *професор*

Етапи формування плівок графену методом Ленгмюр-Блоджетт

Костюк Д.М., аспірант; Яців О.О., магістрант;
Федірко О.В., магістрант

Сумський державний університет, кафедра прикладної фізики, м. Суми

Висока вартість графену отриманого методом CVD зумовила пошук альтернативних методів його отримання для використання у промислових масштабах. Одним із таких методів є рідинно-фазова ексfolіація [1], результатом якої є розчин графену або мультишарового графену у розчинниках, поверхнева енергія яких близька до величини енергії зв'язку графен-графен.

Актуальним питанням залишається нанесення такого розчину на підкладки. Із великого різноманіття методів, найбільш якісні плівки вдається отримувати із використанням технології Ленгмюр-Блоджетт. Мета даного дослідження полягає у оптичному спостереженні процесу формування плівки графену під час її стискання на водній поверхні в умовах атмосфери. Розчин графену наносився на водну поверхню методом капання. Як видно із рис. 1, утворенню плівки графену передують острівцевий та мережевий етапи. Такий характер розподілу - результат шаруватості природи графіту разом із тенденцією до агломерації у водному середовищі. Цікавим спостереженням є те, що повторювані цикли стискання - розтискання призводять до утворення графенових ланцюжків довжиною до 1 см.

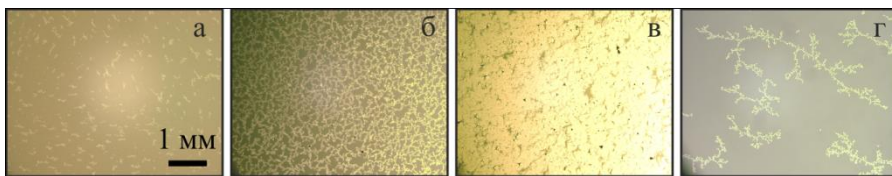


Рисунок 1 – Оптичні зображення етапів процесу формування графенової плівки на поверхні розділу вода / повітря: острівці (а), мережа (б), моно шар (в), графенові ланцюжки (г).

Керівник: Проценко С.І., професор

1. Y. Hernandez, *Nature Nanotechnology* **3**, 563 (2008).

Фазовий склад тонких плівок Ni і Cu як компонент функціональних матеріалів міроелектроніки

Калініченко С.М., аспірант; Однорець Л.В., доцент
Сумський державний університет, кафедра прикладної фізики, м. Суми

Дослідження процесів фазоутворення та їх вплив на електрофізичні властивості багатошарових плівкових матеріалів на основі Ni і Cu знаходяться в полі зору дослідників, оскільки такі матеріали є перспективними для використання в міроелектроніці як заміників дорогих благородних металів при виготовленні чутливих елементів терморезисторів і низькоомних резисторів та струмопровідних доріжок. У роботі проведено дослідження фазового складу одношарових плівок міді та нікелю як компонент багатошарових і двокомпонентних функціональних матеріалів.

Електроннографічні дослідження (мікроскоп ПЕМ-125К) одношарових плівок Cu товщиною 20-150 нм вказують на залежність їх фазового складу від умов отримання. Свіжосконденсовані зразки при швидкостях конденсації ($\omega < 0,1$ нм / с) мають фазовий склад ГЦК-Cu + ГЦК-Cu₂O, який обумовлений частковою взаємодією міді з киснем. При збільшенні швидкості до $\omega = 3$ нм / с (температура підкладки $T_n = 300$ К) оксид CuO₂ не утворюється (рис. 1 а). Подальша термообробка плівок у вакуумі при температурах до 800 К не впливає на їх фазовий стан. Значення параметра кристалічної решітки складає $a = 0,362$ нм в інтервалі товщин 30-40 нм.

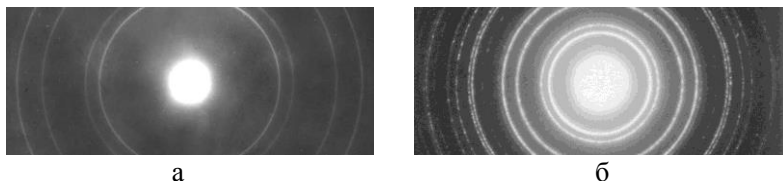


Рисунок 1 – Електроннограми від відпалених до 700 К плівок Cu товщиною 75 нм (а) та Ni товщиною 70 нм (б).

Як і плівки Cu, зразки Ni також мають ГЦК-структуру (рис. 1 б). Значення параметра решітки плівок після відпалювання до 700 К складає $a = 0,353$ нм. Аналіз отриманих результатів свідчить про відносну нечутливість до взаємодії плівок Ni із домішковими атомами.

**Віртуальна лабораторна робота «Дослідження
магніторезистивних властивостей тонких плівок»**

Волков С.О., магістрант

Сумський державний університет, кафедра прикладної фізики, м. Суми

Використання в навчальному процесі інтерактивних електронних засобів навчання, таких як тренажери і віртуальні лабораторні роботи, дозволяє студентам освоїти навички роботи з обладнанням не працюючи з ним безпосередньо, та зробити процес навчання більш наочним і динамічним.

Розроблена віртуальна лабораторна робота, яка імітує вимірювання магнітоопору тонких плівок. В основу роботи програми покладені експериментальні залежності магнітоопору зразків виміряних у різних геометріях. Для виконання поставлених задач використано середовище програмування LabVIEW-2013, оскільки воно має широкі можливості побудови користувацьких інтерфейсів і значною мірою пришвидшує швидкість розробки прикладних додатків. Інтерфейс користувача побудований таким чином, щоб повторювати основні елементи керування реальної установки вимірювання магнітоопору, яка розміщується на кафедрі прикладної фізики СумДУ. Він містить селектори вибору зразка та геометрії його вимірювання а також режиму відображення інформації (можливі два варіанти відображення: опору зразка або його відносної зміни у залежності від величини магнітного поля); кнопки початку та зупинки вимірювання. У процесі імітації вимірювання дані інтерактивно виводяться на графік, що дозволяє наочно спостерігати характерні особливості поведінки опору тонких плівок при зміні магнітного поля. Після закінчення процесу вимірювання властивостей зразка додаток автоматично розраховує ключові параметри процесу: мінімальне і максимальне значення опору, що дає можливість швидко розрахувати магнітоопір зразка. Аналізуючи результати вимірювання одного зразка у різних геометріях вимірювання, можна зробити висновок про його магніторезистивні властивості та визначити ознаки гігантського магнітоопору. Архітектура програми дозволяє широко масштабувати її, додаючи нові зразки та режими вимірювання.

Керівник: Тищенко К.В., асистент

Оптичні втрати на відбивання в сонячних елементах на основі гетеропереходів $n\text{-CdS}(n\text{-ZnS}) / p\text{-CZTS}$

Данильченко П.С., студент; Доброжан О.А., аспірант;
Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, кафедра електроніки та
комп'ютерної техніки, м. Суми

На сьогоднішній день у масовому виробництві тонкоплівкових сонячних елементів (СЕ) широко використовуються гетеропереходи (ГП) $n\text{-CdS}/p\text{-(CuIn}_x\text{Ga}_{1-x}\text{)(S, Se)}_2$, CdTe) із верхнім струмознімальним шаром ІТО. Але, такі недоліки як висока вартість In, Ga та Te, токсичність Cd, дають поштовх до пошуку альтернативних функціональних матеріалів та конструкцій фотоперетворювачів. Однією з альтернатив відомим є СЕ з конструкцією $n\text{-ZnS}/p\text{-Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ (CZTS) та струмознімальним шаром ZnO : Al. До складу цього СЕ входять поширені в природі та нетоксичні елементи. Споуки ZnO та ZnS є широкозонними напівпровідниками ($E_g^{\text{ZnO}} = 3,37$ В, $E_g^{\text{ZnS}} = 3,7$ еВ), що дозволяє збільшити кількість фотонів, які надходять до поглинаючого шару. CZTS має ширину забороненої зони ($E_g^{\text{CZTS}} = (1,0\text{-}1,5)$ еВ), яка є оптимальною для поглинання сонячного випромінювання. Теоретичні значення ефективності таких СЕ згідно з теорією Шоклі-Квайсера складає 28-30 %. Але реальні значення ККД СЕ на основі ГП $n\text{-CdS}(n\text{-ZnS})/p\text{-CZTS}$ складають 12,6 %. Одним із факторів, який впливає на різницю між передбачуваною і реальною ефективністю СЕ є оптичні втрати у приладі. Мета роботи полягала у визначенні впливу оптичних втрат на ефективність СЕ на основі ГП $n\text{-CdS}(n\text{-ZnS})/p\text{-CZTS}$ з струмознімальним шаром ZnO : Al. Результати розрахунків залежності коефіцієнтів пропускання та відбиття світла від довжини хвилі у СЕ на основі ГП $n\text{-ZnS}/p\text{-CZTS}$ та $n\text{-CdS}/p\text{-CZTS}$ показали, що в короткохвильовій області спектру при довжині хвилі $\lambda = (276\text{-}337)$ нм коефіцієнт пропускання СЕ з шарами ZnO та ZnS є більшим (до 7,2 %) за відповідні значення для фотоперетворювача в якому використовуються шари ІТО та CdS.

Використання лазерних діодів в рейтресінговій aberометрії

Климов М.В., студент

Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», м. Київ

Аберометри є найбільш досконалими офтальмологічними приладами, оскільки вони дозволяють оцінювати сумарну аберацию оптичної системи ока. Однак, їх основним недоліком є висока вартість. Одним із чинників, який визначає вартість аберометра, є використання складної оптико-механічної системи керування лазерним променем, який використовують для рейтресінгу – сканування зіниці ока і сітківки. Традиційно до її складу входить лазер, система лінз і дзеркал для пристроїв просторової і часової модуляції лазерного променя, засоби контролю за його траєкторією. Недоліком цих пристроїв є складність і висока вартість, оскільки модуляція лазерного променя забезпечується дорогими прецизійними і складними в калібруванні п'єзодвигунами. Тому, актуальними є задачі, розв'язок яких забезпечить спрощення оптико-механічних систем сканування і, як наслідок, здешевлення аберометричних систем.

Використання матриці лазерних світлодіодів в якості джерела променів для рейтресінгової аберометрії дозволяє спростити оптико-механічну систему керування лазерним променем, а саме, вилучити зі схеми прецизійні рухомі призми. Внаслідок цього з оптико-механічної системи вилучається механічна складова. Важливим чинником також є заміна високовартісного твердотілого лазера матрицею лазерних діодів, які є суттєво дешевшими. Таким чином, спрощується і здешевлюється конструкція аберометра, полегшується процес його калібрування, внаслідок чого знижуються вимоги до рівня підготовки обслуговуючого персоналу.

Керівник: Яганов П.О., доцент

1. Чиж І.Г., Тимчик Г.С., Шиша Т.О., Афончина Н.Б. *Аберометрія оптичної системи ока людини* (Київ: НТУУ «КПІ»: 2013)
2. Балашевич Л.И. *Международный медицинский журнал*, Т. 9, № 3, 62 (2003).

Пьезотрансформатор с колебательными системами различной физической природы

Заика В.М., аспирант; Бондаренко Ю.Ю., доцент

Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы

Пьезоэлектрические преобразователи широко используются в ультразвуковой измерительной технике. *Пьезоэлектрическим трансформатором условно может быть назван пьезоэлемент с тремя и более электродами, подключаемыми к одному или нескольким источникам электрического сигнала [1].*

Авторами разработана и исследована конструкция пьезотрансформатора выполненного в виде бруска размером $50 \times 10 \times 9$ мм, к которому подключаются колебательные системы, состоящие с электрических контуров в которых вектор электрического поля входного сигнала $E_{вх}$ параллелен вектору поляризации P ($\alpha = 90^\circ$) (рис. 1, а), а вектор выходного сигнала $E_{вых}$ находится под углом P ($\alpha = 45^\circ$). Принцип действия основан на двойном преобразовании энергии: во входной секции (контур 2, 3), электрическая энергия преобразуется в механическую, а в выходной секции (контур 1) механическая энергия преобразуется в электрическую.

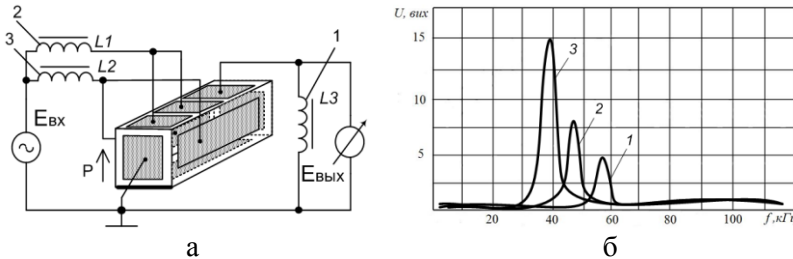


Рисунок 1 – Конструкция (а) и амплитудно-частотная характеристика (б) пьезоэлектрического трансформатора

За счет использования дополнительных колебательных систем, разработанный пьезоэлектрический трансформатор позволяет – увеличить выходное напряжение, и расширить диапазон рабочих частот.

1. V. Sharapov, *Piezoceramic sensors* (Springer Verlag: 2011).

Імітансний логічний елемент «І»

Лазарєв О.О., доцент; Явтухівський В.А., студент;
Ковалюк О.М. студент

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

В імітансній логічній схемі в якості логічної змінної використовується імітанс електричного кола на змінному струмі – позитивний і негативний диференційний опір ($R^{(+)}$ та $R^{(-)}$), ємність ($C^{(+)}$ та $C^{(-)}$), індуктивність ($L^{(+)}$ та $L^{(-)}$) [1]. Його структурну реалізацію розглянемо на прикладі позитивної імітансної логіки, коли логічній одиниці відповідає негативний дійсний імпеданс « $1 \rightarrow C^{(-)}$ », а логічному нулю – позитивний дійсний імпеданс « $0 \rightarrow C^{(+)}$ ». У цьому випадку, структурна схема логічного елемента має вигляд, представлений на рисунку 1.

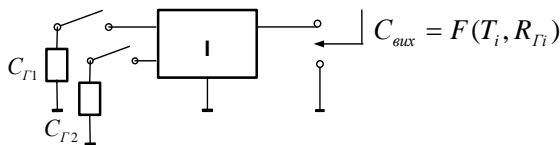


Рисунок 1 – Структурна схема ємнісного логічного елемента «І»

Логічний елемент являє собою багатополісник, в якому вихідний імпеданс залежить від вхідного імітансу. Кількісно ця залежність визначається коефіцієнтом перетворення імітансу, який у загальному випадку є комплексною величиною. Саме реалізація цього коефіцієнту забезпечує реалізацію необхідної логічної функції, представленої в таблиці 1.

Таблиця 1 – Таблиця істинності логічного елемента «І»

$R_{Г1}$	X1	$R_{Г2}$	X2	$R_{вих}$	Y
$R_{Г1}^{(-)} < 0$	0	$R_{Г2}^{(-)} < 0$	0	$R_{вих}^{(-)} < 0$	0
$R_{Г1}^{(-)} < 0$	0	$R_{Г2}^{(+)} > 0$	1	$R_{вих}^{(-)} < 0$	0
$R_{Г1}^{(+)} > 0$	1	$R_{Г2}^{(-)} < 0$	0	$R_{вих}^{(-)} < 0$	0
$R_{Г1}^{(+)} > 0$	1	$R_{Г2}^{(+)} > 0$	1	$R_{вих}^{(+)} > 0$	1

1. М.А. Філінюк, Л.Б. Ліщинська, *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія* Т. 2, № 18, 25 (2010).

Виявлення в сигналі георадара класифікаційних ознак для розрізнення кольорових металів

Абрамович А.О., аспірант

Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», м. Київ

Георадар – це мікропроцесорний прилад для проведення швидкого профілювання ґрунту та знаходження кольорових металів, який використовується в геологічній розвідці, природоохоронних роботах, будівництві. Розрізнення кольорових металів за допомогою георадара є дуже актуальним питанням, яке станом на даний час залишається остаточно ще не вирішеним [1].

Провівши серію дослідів, автору вдалось визначити класифікаційну ознаку кольорових металів у сигналі георадара [2]. Аналіз сигналів здійснювався у часовій та частотній області. На рисунку 1 зображено осцилограму на якій позначена класифікаційна ознака для мішені із міді: кут зрізу A синусоїди та форма спектру.

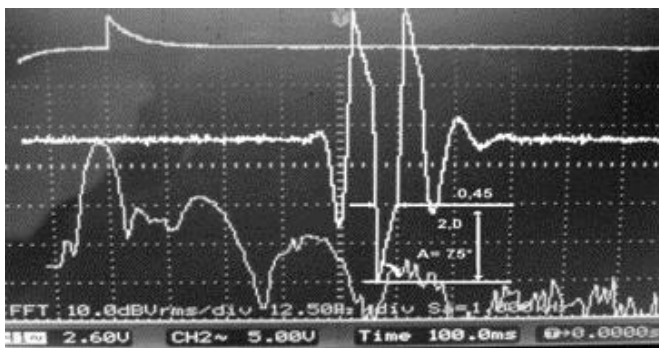


Рисунок 1 – Прийнятий сигнал від мідного зразка, де $A = 75^\circ$.

1. Н.М. Joy, Oxford GB.: Elsevier B.V., 574, (2009).
2. А.О. Абрамович, Матеріали та програма науково-технічної конференції «Фізика, електроніка, електротехніка» (ФЕЕ-2013), – Суми: СумДУ, 2013. – С. 191.

Кореляційний аналіз сигналу геолокатора

Фурманчук В.Ю., *студент*

Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут», м. Київ

На сьогоднішній день георадар являє собою радіолокаційну систему для виявлення неоднорідностей в середовища, які здійснюють діагностику підземних комунікацій, ґрунтів та металів.

Принцип роботи георадару заключається в підповерхневому зондуванні. В тракці виявлення, як правило, використовуються короткі радіоімпульси, які дозволяють отримати максимальну глибину зондування або роздільну здатність по глибині і це визначає локалізацію спектра на частотній осі і не залежить від виду модуляції.

В якості сигналу проаналізуємо зондуючий сигнал [1], який зображено на рисунку 1 а. Результати моделювання представлені на рисунку 1 б.

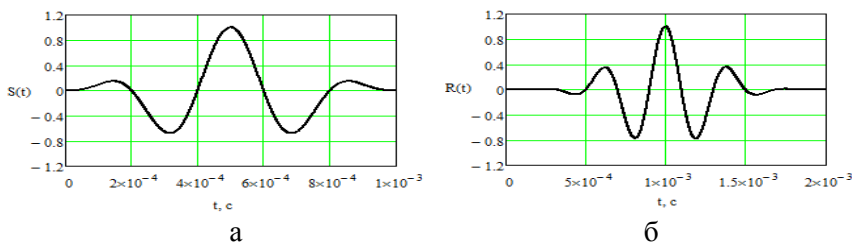


Рисунок 1 – Графіки зондуючого сигналу: аналітичний вигляд (а) та автокореляційна функція (б).

Аналіз показав, що тривалість АКФ приблизно рівна тривалості зондуючого сигналу, що характерно для простих сигналів.

Досліджений сигнал належить до класу простих сигналів зі всіма недоліками цього класу. Покращення характеристик геолокатора можливо при використанні складних сигналів для яких добуток смуги на тривалість радіоімпульсу більше одиниці.

Керівник: Мрачковський О. Д., *доцент*

1. *Вопросы подповерхностной радиолокации* (Под ред. А.Ю. Гринёва) (М.: Радиотехника: 2005).

Автоматизированный измеритель температуры, влажности и давления в помещении

Филимонов С.А., доцент; Батраченко А.В., ст. преподаватель;
Филимонова Н.В., аспирант; Ткачева Е.А.

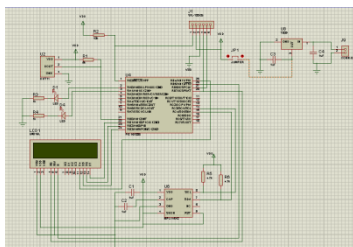
Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы

Использование автоматизированных приборов, которые способны измерять одновременно несколько параметров, таких как, температура, влажность и давление все больше набирает актуальность в медицинских, промышленных и домашних помещениях.

Нами разработан и исследован прибор для автоматизированного измерения температура, влажность и давление.

Принцип работы заключается в следующем. Основными элементами сбора внешних параметров являются датчики DHT11, DS18B20 и MPL115A2. Сбором и обработкой этих данных занимается микроконтроллер PIC16F886, затем данные выводятся на дисплей.

На рисунке 1 представлены принципиальная схема в пакете программ Proteus и экспериментальный образец.



а



б

Рисунок 1 – Автоматизированный измеритель влажности, давления и температуры: принципиальная схема (а); экспериментальный образец (б).

Таким образом, разработана бюджетная модель автоматизированного измерителя влажности, давления и температуры, которая по своим техническим характеристикам, приближается к функциям метеостанции.

1. В.М. Шарапов, М.П. Мусиенко, Е.В. Шарапова *Пьезоэлектрические датчики* (М.: Техносфера: 2006).

Дослідження робочих характеристик електронних RC-генераторів

Сидоренко М. В., студент; Лободюк О.С., зав. лабораторіями
Сумський державний університет, кафедра прикладної фізики, м. Суми

Електронні генератори – пристрої для перетворення електричної енергії джерела постійного струму в енергію незгасаючих електричних коливань заданої форми і частоти. Основними причинами частотної нестабільності генераторів є зміна температури навколишнього середовища і напруги джерел живлення; механічна вібрація і деформація деталей; паразитні індуктивності; міжелектродні ємності підсилювальних елементів, які змінюються в різних режимах функціонування і т.д.

У роботі проведені дослідження ємнісних робочих характеристик RC-генератора (рис. 1) з вихідними параметрами: $R_1 = 1,5 \text{ кОм}$; $R_3 = 1 \text{ кОм}$; $R_4 = 82 \text{ кОм}$; $R_5 = 2 \text{ кОм}$; $R_6 = 4,7 \text{ кОм}$; $C_4 = 0,05 \text{ мкФ}$; $C_5 = 1,0 \text{ мкФ}$; $C_6 = 200 \text{ мкФ}$; VT типу МП 40А. Установлено, що при зростанні ємності конденсатора C_2 від 0,5 до 150 мкФ частота генератора збільшується від 2 до 15 кГц; при збільшенні ємності конденсатора C_5 від 100 до 500 мкФ частота генератора зростає від 15 до 40 кГц.

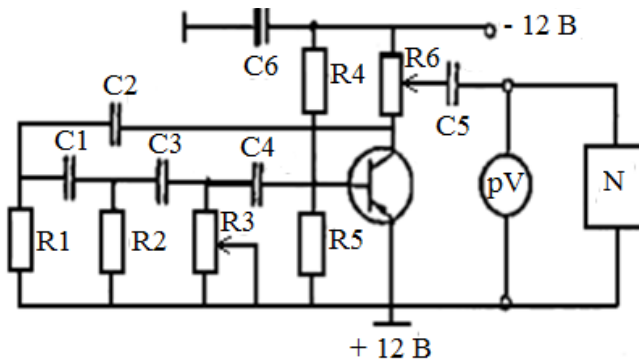


Рисунок 1 – Принципова схема RC-генератора.

Розраховане значення коефіцієнта відносної нестабільності частоти генератора $\Delta f/f = \Delta R/R + \Delta C/C = 0,06$ в інтервалі робочих температур від $+20$ до -40°C відповідає вимогам до промислових транзисторних генераторів, коефіцієнт нестабільності яких за рахунок коливань температури і напруги не повинен перевищувати 0,10.

Вплив температури на характеристики біполярних транзисторів

Удовиченко А.Л., студент; Ододворець Л.В., доцент

Сумський державний університет, кафедра прикладної фізики, м. Суми

Біполярні транзистори широко використовуються у мікроприладобудуванні як активні елементи інтегрованих мікросхем, керовані джерела, підсилювачі та перемикачі постійного, змінного або імпульсного струмів. Структура біполярного транзистора відрізняється від структури дискретного тим, що має спеціальні ізоляційні області для забезпечення умов його нормального функціонування в одному кристалі, який може налічувати порядку 10^6 біполярних транзисторів. Для сучасних конструкцій біполярних транзисторів характерні наступні особливості: самосуміщення, ізоляція глибокими канавками, полісиліциєві емітерний і базовий контакти, завдяки яким зменшується площа перемикачів і вертикальні розміри транзистора при високому коефіцієнті передавання струму.

Мета роботи полягала у дослідженні впливу температури на статичні і динамічні робочі характеристики біполярних транзисторів різних типів.

Вплив температури на роботу біполярного транзистора обумовлений трьома фізичними факторами: зменшенням потенційних бар'єрів у переходах, збільшенням теплових струмів переходів і збільшенням коефіцієнтів передачі струмів з ростом температури. Зменшення потенційного бар'єра з ростом температури також, як і в ізольованому переході, приводить до посилення інжекції, у результаті чого збільшується вхідний струм транзистора.

Аналіз вхідних та вихідних характеристик біполярних транзисторів типів МП37А і ПМ3А вказує на те, що збільшення температури приводить до зсуву характеристик у бік більш високих струмів колектора (I_K).

Експериментально встановлено, що в температурному інтервалі від 0 до 70°C величина струму бази збільшується на 33 мА, струму колектора – на 38 мА, напруга між колектором і емітером збільшується на 20 мВ.

Теоретична оцінка зміни I_K при зміні температури на 20°C для транзистора МП37А показує, що струм I_K змінюється на 52,3 % і основний внесок у цю зміну дає коефіцієнт передачі струму бази.

СЕКЦІЯ 6

«Електронні системи, прилади і засоби кодування інформації»

Раманівська спектроскопія тонких плівок ZnO отриманих методом пульсуючого спреї-піролізу

Литвиненко І.Ю., студент; Доброжан О.А., аспірант;
Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

ZnO є прямозонним напівпровідниковим матеріалом *n*-типу провідності з шириною забороненої зони 3,37 еВ та енергію утворення екситонів 60 меВ. Плівки оксиду цинку завдяки своїм унікальним електричним та оптичним властивостям, поширеності в природі та нетоксичності, широко використовуються у виробництві ультрафіолетових лазерів, газових сенсорів та фотоелектричних перетворювачів. В порівнянні з іншими методиками хімічного осадження плівок ZnO, спреї-піроліз дозволяє отримувати плівки з контрольованими властивостями в безвакуумному середовищі. Крім того, дана методика легко адаптована до масового виробництва плівок великої площі. Слід відмітити, що до ефективних методів хімічного аналізу, вивчення складу і будови речовин відносять раманівську спектроскопію. Це і обумовило мету роботи, яка полягає у встановленні складу плівок ZnO нанесених при різних температурах підкладки за допомогою раманівської спектроскопії.

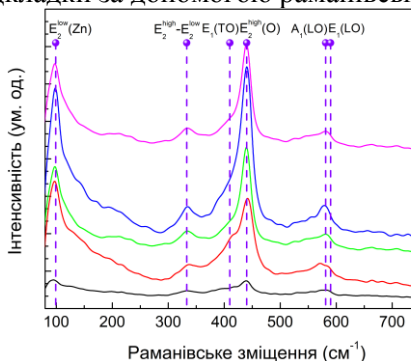


Рис. 1. Раманівські спектри від плівок ZnO нанесених при різних температурах підкладки T_s , К: 473 (1), 523 (2), 573 (3), 623 (4), 673 (5).

Раманівські спектри плівок ZnO, виміряні в частотному інтервалі 90-800 cm^{-1} , представлені на рис. 1. На спектрах спостерігається ряд інтенсивних ліній на частотах 95-98, 333-336, 415, 439-442, 572 та 578-587 cm^{-1} . За літературними даними ці лінії були інтерпретовані нами як $E_{2}^{\text{low}}(\text{Zn})$, $E_{2}^{\text{high}}-E_{2}^{\text{low}}$, $E_{1}(\text{TO})$, $E_{2}^{\text{high}}(\text{O})$, $A_{1}(\text{LO})$ та $E_{1}(\text{LO})$ фононні моди. Таким чином, результати раманівської спектроскопії підтверджують висновок про однофазний склад плівок ZnO.

Светодиодно-галогеновый осветитель

Полежаева О.В., студент; Зайцев Р.В., доцент;
Кириченко М.В., научный сотрудник
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт», г. Харьков

Одной из проблем создания имитаторов солнечного излучения является приближение спектрального состава их излучения к солнечному спектру. Ранее созданы осветители, для исследования фотоэлектрических преобразователей, на основе вольфрамовых ламп накаливания и импульсных ксеноновых ламп, главные недостатки которых: существенное несоответствие спектра имитируемого излучения солнечному, значительная инерционность и энергопотребление. В настоящий момент стало возможным существенно приблизиться к желаемым свойствам за счет использования полупроводниковых светодиодов разного цвета.

Была предложена конструкция светодиодно-галогенового осветителя, который содержит в своем составе необходимый набор светодиодов для обеспечения излучения, приближенного по спектральному составу к солнечному свету. Такой осветитель состоит из: блока коммутации, блока питания, блока управления, светоизлучающего и микроконтроллерного блоков.

Осветитель позволяет получать множество комбинаций интенсивности излучения светодиодов, расположенных в светоизлучающем блоке. Четыре типа светодиодов позволяют получить излучение, по спектральному составу соответствующее режиму освещения АМ0. Благодаря датчику температуры происходит контроль температуры светоизлучающего блока. В процессе апробации было установлено, что при длительной работе светоизлучающего блока его температура не превышает 46°C (критическая 60°C и больше).

Автоматическая работа устройства возможна с применением микроконтроллера STM32F4, для которого разработано соответствующее программное обеспечение, с использованием языка программирования C# в среде VisualStudio 2012.

1. М.В. Кіріченко, Р.В. Зайцев. Пат. 94622 Україна, МПК H01L 21/66.
Світлодіодно-галагеновий освітлювач.

Использование алгоритма Edgebreaker для сеточного кодирования

Самусь Н.С., студентка

Одесская национальная академия связи им. А.С.Попова, г. Одесса

Алгоритм Edgebreaker, предложенный Росигнаком, инспектирует треугольники по спирали («в глубину») протокола связующего дерева и создает строки меток – clers (пяти видов – C, L, R, S, E); одна метка на каждый треугольник, которая указывает на декодирование, т.е. как может быть восстановлена сетка путем присоединения новых треугольников к ранее восстановленным.

Сеточное кодирование состоит в следующем. Задаем две начальные точки своими координатами в двоичной системе счисления. В зависимости от требуемой точности воспроизведения данных можно выбирать точность нахождения каждой координаты, т.е. количество битов кодовой комбинации для представления каждой координаты. Следующий треугольник можно задавать только одной точкой, но использовать при этом метку, найденную по алгоритму Edgebreaker. Полученные данные поместим в конец таблицы. Ее использование необходимо по двум причинам. Во-первых, большие сетки требуют большого объема данных, которые необходимо где-то хранить, а во-вторых, нам нужно знать правильный порядок всех точек, образующих сетку. Далее проводим проверку наличия не захваченных треугольников. Если таковые имеются, то возвращаемся к шагу, где задается новый треугольник, и повторяем все необходимые действия. Если же таких треугольников больше нет, то можно передавать все полученные данные на дальнейшую обработку.

Это позволяет эффективно кодировать 3D сетку. Только первый треугольный задается тремя точками, а все последующие можно задать только одной, т.е. тремя координатами x , y , z . Это и указывает нам на более эффективное использование ограниченного ресурса, ведь представления трехмерных изображений требует больших объемов данных на машинах с ограниченным количеством памяти.

Руководитель: Ошаровская Е.В., доцент

1. J.Rossignac, 3D mesh compression, *GIT – GVV Technical Report* (2003).

Активний та пасивний імітансний електронний ключ

Лазарев О.О., *доцент*; Ковалюк О.М., *студент*;
Явтухівський В.А., *студент*

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Активний імітансний електронний ключ (АІЕК) та пасивний імітансний електронний ключ (ПІЕК) – це електронні ключі призначені для ідентифікації права доступу. Відмінністю АІЕК від існуючих електронних ключів є використання інформаційного базису нечіткого імітансу для задання логічних рівнів. Вихідні імітанси АІЕК характеризується такими диференціальними параметрами: додатній та від’ємний активний опір $R(+), R(-)$, додатна та від’ємна ємність $C(+), C(-)$, додатна та від’ємна індуктивність $L(+), L(-)$. І відповідні їм логічні рівні 0,1,2,3,4,5., що відповідають шестизначній системі числення (рис.1а). Відмінністю ПІЕК від існуючих електронних ключів є використання інформаційного базису додатних імітансів для задання логічних рівнів. Характеризується такими диференціальними параметрами: додатній опір $R(+)$, додатна ємність $C(+)$, додатна індуктивність $L(+)$. І відповідні їм логічні рівні 0,1,2 (рис. 1б) [1].

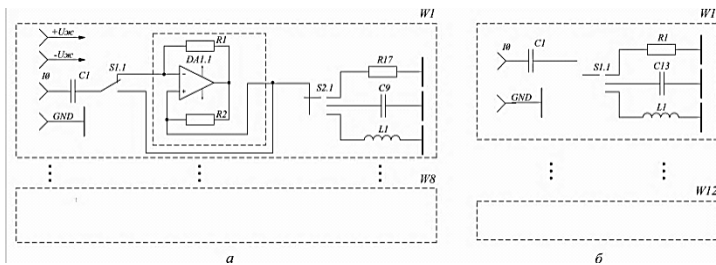


Рисунок 1 – Імітансні електронні ключі: активний (а) та пасивний (б).

Перевагою запропонованих електронних ключів є збільшення завадо захищеності, за рахунок використання інформаційного базису нечіткого імітансу, збільшення охороноспроможності, за рахунок використання багатозначних систем числення, спрощення схемотехнічної реалізації, за рахунок використання RLC-негатронів.

1. М.А. Філінюк, Л.Б. Ліщинська, *Інформ. Технол. та Комп. Інжен.* 2, 25 (2010).

Счетчики Фибоначчи в нормальных кодах

Борисенко А.А., профессор; Маценко С.М., аспирант;
Жуков П.П., студент; Годунов И.М., студент
Сумский государственный университет, г. Сумы

В настоящее время является актуальной задача повышения быстродействия устройств компьютерной техники, решение которой во многом зависит от структуры используемых устройств. К широко применяемым на практике компьютерным устройствам, относятся счетчики импульсов. В работе [1] предлагается суммирующие быстродействующие счетчики Фибоначчи с однородной структурой, работающими в нормальных кодах, которые к тому же являются еще и помехоустойчивыми. В них отсутствуют переносы между разрядами, что повышает их быстродействие по сравнению с известными счетчиками Фибоначчи и большинством известных двоичных счетчиков.

Быстродействие счетчика Фибоначчи в нормальных кодах, определяется максимальным временем переходных процессов между двумя соседними его состояниями. Оно определяется выражением:

$$T = (2n + 5)\tau_u + 6\tau_{не} = (2n + 11)\tau_u, \quad (1)$$

где τ_u – задержка сигнала схемами И, $\tau_{не}$ – задержка сигнала схемами НЕ, n – разрядность счетчика.

Из формулы (1) следует, что с увеличением числа разрядов счетчика Фибоначчи минимально допустимый период тактовых импульсов линейно увеличивается, что говорит о снижении быстродействия счетчика, но, невзирая на это, он остается более быстродействующим по сравнению с известными аналогами. Учитывая, что данный счетчик еще и помехоустойчивый, то его полезность становится очевидной. Такое сочетание помехоустойчивости и быстродействие часто становится необходимым.

1. А.А. Борисенко, А.П. Стахов, С.М. Маценко, В.В. Сиряченко, *Вестник СумГУ*, **3**, 165 (2012).

Оценка помехоустойчивости кодов Фибоначчи

Борисенко А.А., *профессор*; Маценко С.М., *аспирант*;
Нечипоренко Е.О., *студент*; Фомин Д.С., *студент*
Сумский государственный университет, г. Сумы

Использование кодов Фибоначчи в помехоустойчивых цифровых устройствах, решающих специальные задачи, например, таймеров, дальномеров, частотомеров, оправдано как контролем работы этих устройств, так и возможностью помехоустойчивой передачи информации от них по каналам связи. Доля обнаруживаемых ошибок этих кодах определяется по формуле:

$$D = 1 - \frac{F_n + F_{n-1}}{2^n}, \quad (1)$$

где F_n – вес n -го разряда числа Фибоначчи; F_{n-1} – вес $n-1$ разряда числа Фибоначчи.

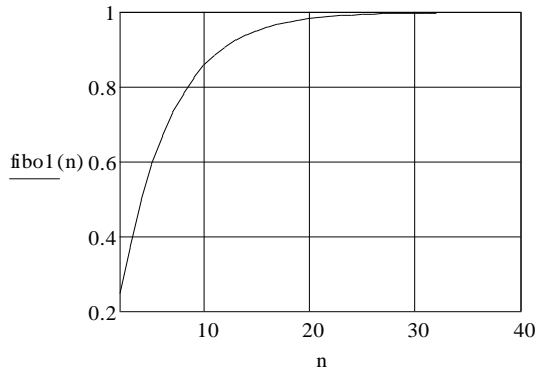


Рисунок 1 – График зависимости доли обнаруживаемых ошибок от разрядности n кодов Фибоначчи

Из приведенных результатов следует, что доля обнаруживаемых ошибок в кодах Фибоначчи растет с ростом разрядности их комбинаций, достигая в пределе 1. Особенно эффективны такие коды в системах с асимметрией вероятностей ошибок, так как ошибки в кодах Фибоначчи обнаруживаются при переходах 0 в 1.

Вибір оптимального алгоритму інтерполяції для побудови автономної системи ЧПУ

Рідченко С.А., студент; Знаменщиков Я.В., аспірант;
Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Системи числового програмного управління (ЧПУ) широко використовуються при автоматизації великого кола пристроїв: від різноманітних верстатів (токарних, фрезерних, шліфувальних та ін.) до систем просторового друку (3-D принтерів).

Головною особливістю більшості таких систем є можливість їх автономної роботи. Автономна система обов'язково має власний блок управління, який відповідно до вхідних сигналів формує сигнали управління окремими складовими частинами пристрою. Блок управління будь-якої системи ЧПУ будується на основі інтерполятора, пристрою, що перетворює вхідні команди подані у G-кодах у необхідні для їх виконання комбінації керуючих сигналів.

Інтерполятор може бути побудований за допомогою різноманітних алгоритмів: алгоритму оціночної функції, алгоритму цифрових диференційних аналізаторів (ЦДА алгоритм), модифікованого ЦДА алгоритму та ін. Деякі з алгоритмів забезпечують високу точність, однак потребують великої кількості складних обчислень, інші навпаки прості у реалізації, але мають невисоку точність. Вибір оптимального алгоритму проводиться виходячи з наявних обчислювальних потужностей системи та бажаної точності інтерполяції.

Нами була проведена робота з дослідження алгоритмів інтерполяції з метою їх використання у автономних системах ЧПУ. Основними критеріями оцінки були точність обробки поверхні за допомогою алгоритму, а також апаратні та часові затрати, необхідні для виконання алгоритму. В подальшому, на основі 32-х розрядного мікроконтролера був побудований блок управління автономною системою ЧПУ, що використовує інтерполятор на основі модифікованого ЦДА алгоритму.

Структурні та субструктурні характеристики плівок $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ зі змінною концентрацією цинку

Щергін Я.¹, студент; Знаменшиков Я.В.¹, аспірант;
Косяк В.В.¹, докторант; Опанасюк А.С.¹, професор; Фочук П.М.²
¹Сумський державний університет, м. Суми
²Чернівецький національний університет, м. Чернівці

Тверді розчини кадмій цинк телуриду ($\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$) широко застосовуються як матеріал сенсорики та оптоелектроніки. Широкий спектр їх використання обумовлений можливістю регулювання ширини забороненої зони (E_g) матеріалу в діапазоні від $E_g = 1,48$ eV (CdTe) до $2,26$ eV (ZnTe) шляхом зміни концентрації цинку. Наприклад, плівки $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ з $E_g = 1,65-1,75$ eV ($x = 0,01-0,20$) є важливим матеріалом для створення верхнього поглинаючого шару тонкопліткових тандемних сонячних перетворювачів на базі шарів SIGS. Монокристали та плівки $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ з $E_g > 1,75$ eV ($x > 0,20$) використовуються для виготовлення детекторів рентгенівського та гамма випромінювання, що працюють при кімнатній температурі. Метою наших досліджень було визначення впливу концентрації цинку в шарах $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$, отриманих методом КЗО, на їх структурні та субструктурні характеристики. Плівки були отримані на скляних підкладках при температурі осадження $T_s = 673$ К. Температура випарників CdTe та ZnTe становила $T_{e(\text{CdTe})} = 893$ К та $T_{e(\text{ZnTe})} = 993$ К відповідно.

Аналіз морфології поверхні плівок показав, що розмір зерен у плівках має значення 3-5 мкм. Плівки мають стовпчасту структуру росту зерен, товщина плівок складає 22-29 мкм. Встановлено, що отримані шари були однофазними і містили кубічну фазу $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$. Період кристалічної ґратки матеріалу змінювався в інтервалі $a = 0,649469 - 0,633435$ нм, зменшуючись зі збільшенням концентрації цинку. При введенні атомів цинку до кристалічної ґратки CdTe їх розмір областей когерентного розсіювання зменшувався від 59-74 нм до 15-27 нм, а рівень мікродеформацій в плівках зростає.

Сенсорні властивості хімічно осаджених плівок ZnO

Куліжко В., студент; Бересток Т.О., аспірант;
Латишев В.М., дослідник; Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Завдяки можливості створення високопористих шарів за допомогою економічних та технологічно простих методів, тонкоплівкові конденсати оксиду цинку (ZnO) широко використовуються як детектори газового середовища. Значна питома поверхня плівок та висока рухливість носіїв заряду в оксиді цинку сприяють адсорбції великої кількості молекул газу, що приводить до зміни опору матеріалу в широкому діапазоні значень.

Для осадження конденсатів ZnO був обраний безвакуумний низькотемпературний метод хімічного осадження з розчину, який характеризується технологічно простим процесом синтезу та економічністю. Осадження проводилося з використанням розчинів нітрату цинку та аміаку на скляні підкладки при температурі синтезу 90 °С. Можливість реєстрації сенсорами на основі оксиду цинку присутності пропан-бутану оцінювалася за відношенням опорів матеріалу на повітрі та у суміші ($K=R_1/R_0$), що містила активний газ. Концентрація газу у суміші з повітрям змінювалася у діапазоні від 0,1 до 0,7 %. Робоча температура сенсора варіювалася від 300 °С до 450 °С.

Встановлено, що досліджені плівки мали однофазну гексагональну структуру та розвинену поверхню, що робить їх перспективними для створення сенсорів газів. У роботі був вивчений вплив зміни концентрації пропан-бутану у повітрі на сенсорні властивості плівок ZnO, отриманих при різному часі синтезу. Аналіз залежності зміни струму, що проходить через зразок, від концентрації пропан-бутану у суміші дозволив встановити, що чутливість сенсорів K збільшується при збільшенні часу осадження шарів (від 60 до 120 хв.), і відповідно товщини плівок, що очевидно пов'язано з більш розвинутою поверхнею таких конденсатів. Збільшення температури підкладки від 300 °С до 450 °С приводило до збільшення значень чутливості сенсорів досліджуваного газу від $K=17,1$ до 55,4, відповідно.

Структурні та субструктурні характеристики хімічно осаджених плівок ZnO:Al

Домник А.С., студент; Бересток Т.О., аспірант;
Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Завдяки унікальним оптичним та електрофізичним властивостям плівки оксиду цинку леговані атомами алюмінію (ZnO:Al) розглядаються як альтернатива більш дорогому оксиду олова легваному індієм (ІТО) при використанні як ефективний струмопровідний контакт тонкоплівкових сонячних елементів, покриттів поглинаючих НВЧ випромінювання, стерилізаційних та антизаморожувальних покриттів. Крім того, конденсати ZnO:Al використовуються як базовий матеріал для створення фотокаталізаторів, сенсорів етанолу та ін. Але структурні та субструктурні властивості таких плівок вивчені недостатньо, що обмежує можливості їх приладового використання. Тому метою роботи було проведення комплексного дослідження структурних та субструктурних характеристик плівок ZnO:Al.

Плівки ZnO:Al були синтезовані методом хімічного осадження з розчину, який є особливо зручним завдяки своїй простоті, економічності та можливості отримування тонких шарів з керованими структурними властивостями. Як вихідні прекурсори використовувалися розчини нітрату цинку, аміаку та розчин нітрату алюмінію для легування.

В результаті досліджень була встановлена залежність елементного складу і структурних властивостей плівок ZnO:Al від часу осадження. Показано, що конденсати мають гексагональну структуру з постійними ґратки, $a = 0,32486-0,32548$ нм, $c = 0,52064-0,52149$ нм, і текстурою росту [002], якість якої залежить від тривалості осадження та елементного складу конденсатів. Розмір областей когерентного розсіювання визначався особливостями росту конденсатів та варіювався у діапазоні $L_{(100)} = (19,5 - 52,3$ нм, $L_{(002)} = (23,2 - 55,0)$ нм, $L_{(101)} = (17,6 - 48,3)$ нм при часі синтезу від 45 до 90 хв та $L_{(100)} = 38,0$ нм, $L_{(002)} = 39,0$ нм, $L_{(101)} = 39,4$ нм при його збільшенні до 120 хв.

Структурні особливості плівок CuO нанесених методом спрей-піролізу

Левченко Є.О., студент; Д'яченко О.В., аспірант;
Мешков А.М., аспірант; Опанасюк А.С., професор
Сумський державний університет, м. Суми

Оксид міді – один з небагатьох широкозонних матеріалів, який може бути отриманий p -типу провідності. Це екологічно безпечний напівпровідник із значенням ширини забороненої зони, що змінюється в діапазоні від 1,3 до 2,1 еВ. Такі властивості роблять цю сполуку незамінною при створенні ряду електронних приладів (сонячних елементів, фотодетекторів, газових детекторів та ін.) на основі гетеропереходів.

Існує багато методів отримання плівок оксиду міді, але останнім часом велика увага приділяється саме хімічним методам, одним з яких є метод спрею-піролізу. Цей метод є одним з найбільш перспективних для осадження плівок оксидних напівпровідників завдяки своїй простоті та дешевизні, великій швидкості нанесення шарів і можливості осадження конденсатів на підкладки великої площі з різних матеріалів, оскільки ця технологія є безвакуумною.

Плівки CuO були отримані методом спрею-піролізу на скляних підкладках очищених в ультразвуковій ванні. Прекурсор, що використовувався був виготовлений на основі розчину хлориду купруму ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) в дистильованій воді з концентрацією 0,05 М. Нанесення плівок проводилось в діапазоні температур підкладки від $T_s=520$ К до 720 К. Швидкість розпилення дорівнювала 3 мл/хв. Відстань до підкладки складала 15 см.

З використанням оптичного поляризаційного мікроскопа Nikon LV100 була досліджена поверхня отриманих шарів. Аналіз мікрознімків показав, що плівки мають однорідну та рівномірну по поверхні зразка структуру з малою кількістю тривимірних дефектів. В результаті досліджень елементного складу зразків було встановлено, що шари за хімічним складом відповідають оксиду міді з різною стехіометрією, яка залежності від температури підкладки під час осадження.

Отримані результати підтверджують правильність вибору параметрів осадження шарів.

Fully Integrated Smart BLDC Motor Driver

Buzuluk A., *student*

National Technical University of Ukraine “KPI”, Kyiv

There is tendency for using lot of electromechanical drives instead of mechanical to create more automatic and convenient systems. This means increase of number of DC motors in different devices such as cars, air conditions, computers, household appliances, manufacture machines etc. All this motors have to be driven in different operation modes. Such parameters as rotation speed, current angle, torque, noise should be controlled. Fully integrated DC Motor driver is the cheapest and the most smart solution. These circuits are very easy-to-use for customer and give the complete solution for motor driving.

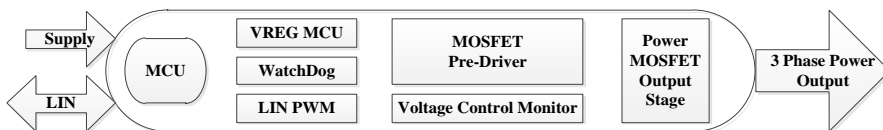


Figure 1 – Structure of fully integrated DC motor driver.

The driver state is defined by the commands coming from the digital part (controlled by software) as well as by internal sensors which detect fault condition which could require change of driver state to protect the IC. The 3 driver outputs can be controlled independently. They can be set individually to high, low or high-impedance state. That is why we will consider the operation of one phase.

Circuit provides 1A output current capability and operates in high temperature range from -40 C° to 150 C° . It operates in normal mode from 8V to 14V supply voltage range and is implemented to fit all quality demands of automotive industry.

Supervisor: Zavorotniy V.F., *Associate Professor*

1. Paul R. Gray, Paul J. Hurst, Stephen H. Lewis, Robert G. Meyer, *Analysis and Design of Analog Integrated Circuits* (New York: Berkeley, 2009).
2. T. Kenjo, *Permanent magnet and brushless dc motors* (Oxford, 1985).

Построение алгоритмов подсчета числа единиц в двоичном слове

Зинченко И.С., студент; Кулик И.А., доцент
Сумский государственный университет, г. Сумы

Подсчет числа двоичных единиц является одной из самых распространенных операций над двоичными последовательностями. Данная операция широко используется в различных кодовых приложениях, например при формировании равновесных и квазиравновесных кодов, кодов Бергера и Левенштейна, АВ-сжатии, а также при решении ряда программных задач.

Тривиальный алгоритм подсчета – последовательный просмотр каждого разряда двоичного слова, и если он единичный, переменной единиц задавать соответствующее приращение. Недостатком такого алгоритма является значительное время (равное n , где n – число разрядов слова a_i) подсчета единиц. Данное время можно уменьшить, если ввести еще одну переменную – переменную нулей и одновременно с подсчетом единиц проводить подсчет нулей.

Более быстрым способом вычисления числа k единиц является способ, основанный на арифметических и логических операциях вида

$$s_k \leftarrow s_k \wedge (s_k - 1), s_k \leftarrow a_i \text{ и } s_m \leftarrow s_m \wedge (s_m - 1), s_m \leftarrow \bar{a}_i. \quad (1)$$

Алгоритм, использующий операции (1), эффективен для "разреженных" слов, т.е. двоичных слов с малым числом единиц (или нулей), и время его работы будет $\min(k, n - k)$. Недостатком алгоритма является зависимость времени его работы от значения k .

Перспективным способом подсчета числа k единиц является способ, основанный на том, что несколько операций сложения разрядов в коротких частях производятся путем одной операции в длинных частях двоичного слова. При этом последовательно разбивают исходное слово на равные части, представляя их как двоичные записи чисел единиц, далее, дополняют полученных части нулями до длины исходного слова и складывают. В этом случае время подсчета единиц соответствующим алгоритмом составляет постоянную величину $\lceil \log_2 n \rceil$.

Нумерационное сжатие на основе биномиальных чисел

Олейник П.Д., студентка; Кулик И.А., доцент
Сумский государственный университет, г. Сумы

Одной из эффективных мер по повышению производительности различных информационных систем является использование методов сжатия информации. При этом отдельный интерес вызывают методы сжатия без информационных потерь, которые обладают существенно меньшим временем кодирования и декодирования данных по сравнению с методами, допускающими потери информации. Этот факт приобретает особую важность при построении информационных систем, работающих в режиме реального времени. Кроме того на этапах предварительной подготовки данных потери информации во многих случаях являются недопустимыми, а вероятностные характеристики массивов данных или отличаются значительной погрешностью, или недоступны.

В этой связи предлагается нумерационное сжатие информации на основе двоичных (n,k) -биномиальных чисел, количественный эквивалент которых определяется как:

$$F_j = \sum_{i=1}^r x_i C_{n-i}^{k-q_i},$$

где $x_i \in \{0,1\}$ – разряды биномиального числа длины $r < n$; q_i – сумма единичных x_i от первого разряда до $(i-1)$ -го включительно.

Высокое быстродействие сжатия и восстановления на основе двоичных биномиальных чисел объясняется тем, что в основе структуры информационных последовательностей, для которых вычисляются числа k единиц, рассматриваются двоичные (n, k) – биномиальные числа. Кроме того, помимо быстродействия и независимости от вероятностных характеристик (при больших значениях n и k) данный метод сжатия обладает положительным качеством, которое заключается в том, что имея сжатые данные в виде массива биномиальных чисел возможно проведение над ними различных математических операций без процедуры их восстановления.

Обнаружение ошибок в факториальных числах

Рачек А.С., студент; Горячев А.Е., инженер
Сумский государственный университет, г. Сумы

Факториальные числа находят практическое применение при генерации перестановок [1]. Перестановки в свою очередь широко используются для решения задач комбинаторной оптимизации, например, задач поиска оптимального решения, а также при помехоустойчивой передаче данных и защите их от несанкционированного доступа [2].

Числа факториальной системы счисления обладают полезным свойством помехоустойчивости. Это свойство может быть использовано как при генерации перестановок на основе факториальных чисел для контроля корректности формируемых перестановок, так и для помехоустойчивой передачи и хранения данных в виде факториальных чисел.

Помехоустойчивость факториальных чисел достигается за счёт ограничения, накладываемого на разряды этих чисел нумерационной функцией факториальной системы счисления

$$F = X_n \cdot n! + X_{n-1} \cdot (n-1)! + \dots + X_m \cdot m! + \dots + X_1 \cdot 1! + X_0 \cdot 0!,$$

где $m = 0, 1, \dots, 0 \leq X_m \leq m$.

Признаком обнаруживаемой ошибки в факториальном числе будет нарушение ограничений относительно величины цифр X_m , где $0 \leq X_m \leq m$. Ошибки, которые не вызывают нарушения указанных ограничений, не могут быть обнаруженными.

Например, факториальное число 23210 является правильным, а число 23220 – ошибочным, поскольку в первом разряде этого числа нарушено ограничение относительно величины его цифры, которая должна быть не больше 1, то есть равняться 0 или 1.

Глубина контроля ошибок факториальных чисел невысока и уступает глубине контроля перестановок, генерируемых на их основе.

1. О.А. Борисенко, О.Є. Горячев, С.А. Дегтяр, *Системы обработки информации* **3**, 2 (2013).
2. А.А. Борисенко, А.Е. Горячев, *Вісник СумДУ. Тех. Наук.* **2**, 15 (2013).

Використання телевізійних систем в задачах нормалізації зображень

Лопатченко Б.К., доцент; Бочкарев А.В., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Розпізнавання зорових картин - одна з найважливіших завдань в електронних пристроях обробки зображень. Для отримання сигналу про зорові картини використовуються різні методи фоторецепції. Найбільш часто застосовується метод сканування інформаційного поля або передавальної телевізійної трубкою або трубкою на основі ССД матриці. Отриманий відеосигнал обробляють згідно з алгоритмом, який використовується, або в аналоговій формі або, в даний час частіше, в цифровій.

Для реальних задач розпізнавання на практиці частіше всього знаходять застосування чотири підходи на основі методів: кореляційні, ознакові, синтаксичні та нормалізації.

У доповіді розглянута реалізація методу нормалізації зображень, підданих яскравісним і афінним перетворенням.

Процес нормалізації полягає в автоматичному, згідно алгоритму, обчисленні невідомих параметрів перетворень, якими вражені вхідні зображення, і подальшому приведенню їх до еталонного вигляду. Процедура перетворень виконується з використанням операторів нормалізації (нормалізаторів), а обчислення параметрів проводиться функціоналами, діючими на безлічі зображень.

Як джерело сигналу використовується яскравісний сигнал стандартного телевізійного відеосигналу. Якщо відеосигнал представлений в аналоговому форматі, його необхідно перетворити в дискретну форму. Обчислення функціоналів і формування нормалізованого зображення проводиться в мікроконтролері. Остаточне формування вихідного відеосигналу проводиться в спеціалізованому відео-цифро-аналоговому перетворювачі.

Наведений спосіб нормалізації дозволяє полегшити процедуру розпізнавання зображень при порівняно невеликому спеціальному обладнанні.

Способи підвищення ефективності управління плазовими панелями

Лопатченко Б.К., доцент; Оболонський Є.О., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Автоматичне управління процесами, як правило, досить успішно реалізується програмно-апаратними комплексами. Але найбільш складні завдання управління не мислимі без участі людини. Тому завдання побудови автоматизованих систем достатня актуальна. У цьому завданні найважливішу роль відіграє відстеження керованого процесу людиною. Інформація про керований процес повинна бути сигналами, доступними для сприйняття людиною. Найважливішим каналом відстеження цієї інформації є зоровий канал.

Системи відображення інформації для зорового каналу використовує безліч електронних елементів відображення. В даний час одним з таких елементів є газорозрядні елементи. Переваги цього напрямку - порівняно невелике енергоспоживання в поєднанні з властивістю запам'ятовування інформації. Завдяки цьому плазові панелі завоювали певну нішу в засобах відображення.

У цьому звіті розглядаються способи підвищення ефективності управління плазовими панелями, зокрема вибір режиму тракту регенерації.

При аналізі структури СВІ при регенерації інформації завжди існує ряд обмежень на параметри регенерації, які пов'язані, з одного боку, з необхідністю забезпечити заданий режим збудження елементів індикації, а з іншого - з вимогою поєднати процес регенерації кадру з прийомом вхідного потоку інформації.

Для обліку цих обмежень знайдені залежності, що зв'язують часові параметри структури з апаратними витратами.

Збільшення обсягів інформації та розширення алфавітів символів призводить до впровадження пам'яті регенерації. Були проведені дослідження над цією пам'яттю, які показали, що оптимальним рішенням буде застосування МПС. Зокрема, проаналізовано застосування мікроконтролера PIC17C44.

Джерело живлення з мікроконтролерним керуванням

Новгородцев А.І., доцент; Терновський С.В., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Джерело живлення – найважливіша частина електронної системи. Для стабільної та довготривалої роботи електроніки необхідно забезпечити їй якісне живлення.

Важлива вимога до пристрою, це забезпечення необхідності протікання стабілізованого електричного струму, який у свою чергу має бути постійним і не залежати від коливань або змін напруги живлення.

Під час вибору і розробки джерела живлення необхідно враховувати фактори, що залежать від умов експлуатації, властивостей навантаження та вимог до безпеки.

Запропоноване джерело живлення призначене для живлення різноманітних пристроїв стабільною напругою у діапазоні від 0,1 до 25,5 В. Також в пристрої передбачений режим обмеження вихідного струму, значення якого допускаються встановлювати від 0,1 до 2,55 А, що надає можливість проводити зарядку акумуляторних батарей різних типів.

В пристрої передбачено 50 комірок постійної пам'яті, в яких можна зберігати інформацію про найбільш часто використовувані налаштування. Розроблене джерело живлення пропонується використовувати в лабораторних класах при настроюванні та перевірці різноманітної радіоелектронної апаратури.

Сьогодні існує значна кількість різноманітних джерел живлення, але на практиці деякі використовувати незручно, оскільки параметри пристрою залежать від зміни частоти перетворювача і вихідної напруги.

Використання контролера дозволяє керувати блоком стабілізації з метою забезпечення заданих параметрів вихідного струму.

Схема блоку живлення із застосуванням мікроконтролера досить проста в реалізації і практична. Головні переваги цих джерел живлення це високе значення коефіцієнту корисної дії підсилювачів потужності і широкі можливості у застосуванні. Режим роботи джерела живлення задається на програмному рівні.

Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) для систем керування потягами

Сороколат В.В., студент; Романова І.І., викладач
ДВНЗ «Київський електромеханічний коледж», м. Київ

Підвищення продуктивності обчислювальних систем реального часу є важливою загально-технічною задачею, актуальність якої обумовлена різноманітними галузями застосування автоматичних систем управління, до яких належить управління різними технологічними процесами, робототехніка, системи управління польотною інформацією, тощо [1]. Значному зростанню продуктивності та швидкодії при зменшенні вартості цифрового пристрою, сприяла поява програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС). Поява ПЛІС дала змогу всі елементи фізично розмістити на одній інтегральній схемі, та перейти на якісно новий рівень пов'язаний зі значним збільшенням їх степені інтеграції до декількох мільйонів логічних вентилів і підвищенням швидкодії. Архітектура на основі процесорних ядер, реалізована на кристалі ПЛІС, вдало справляється з нестачею продуктивності шляхом впровадження паралелізму через копіювання багатьох ідентичних блоків [2]. Системи на кристалі мають значно менший розмір, більшу швидкодію, мають перспективи масового дешевого виробництва складних високопродуктивних обчислювальних систем. Отже, застосування ПЛІС, дає більший вигравш у продуктивності, ніж за використання класичних мікроконтролерів, а також надає можливість реалізації додаткової периферії та спеціальних модулів в межах одного кристалу.

У зв'язку із вищеозначеними перевагами, нами пропонується виконувати поступове переоснащення та заміну більшості систем керування рухомого складу залізниці на системи на кристалі, що не буде вимагати значних переробок, оскільки структура та логіка роботи таких систем залишається, але забезпечується більш високий рівень інтеграції, надійності та продуктивності таких систем.

1. К. Максфилд, Проектирование на ПЛИС, (М.: Издательский дом «Додека XXI»: 2007).
2. A. Balkan, *45th Design Automation Conference*. 435 (2008).

Моделювання перехідних процесів у трансформаторах при комутації

Новгородцев А.І., доцент; Садовничий А.О., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Суттєвою проблемою в електроенергетиці стали так звані стрибки струму при ввімкненні силових трансформаторів, які становлять небезпеку для обмоток трансформаторів, а також мають вплив на точність та надійність роботи релейного захисту.

Побудова комп'ютерних моделей для вирішення задач електроенергетики повинно будуватися на основі обліку реальної конфігурації і розмірів їх магнітної системи.

Стрибки струму намагнічування можуть мати велику амплітуду і тривалість протікання, що визначає негативні ефекти, такі як потенційна небезпека пошкодження обмоток трансформатора та виводу його із ладу. Крім цього, генерований трансформаторами струм високих гармонік може викликати хибну роботу пристроїв релейного захисту та автоматики, а також знизити якісні показники режиму у енергосистемі.

При відмикання трансформатора від джерела живлення, у його магнітній системі зберігається залишкова індукція. При наступному його ввімкненні при наявності у магнітній системі такої залишкової індукції, стрибки струму намагнічування можуть суттєво зрости.

Метою даної роботи є побудова методики і комп'ютерної програми для аналізу перехідних процесів у трансформаторі при наведених схемах його електричної та магнітних ланцюгів, а також зовнішнього ланцюга взагалі.

При апробації і моделюванні процесів у трансформаторі, отримані стрибки намагнічуючого струму, які непогано узгоджуються з експериментальними даними.

Дослідження стрибків показали, що у випадку ввімкнення холостого трансформатора, у магнітній системі якого є залишкова індукція, можуть виникнути стрибки струму намагнічування до десятків кА.

Близькість максимальних стрибків струму до струмів короткого замикання у трансформаторі підтверджується моделюванням ряду силових трансформаторів.

Багатофункціональний осцилограф-аналізатор з генератором сигналів довільної форми

Гриненко В.В., доцент; Любко А.В., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Під час перевірки і налагодження пристроїв для відображення форми сигналу та відслідковування зміни цифрового сигналу у часі використовують осцилографи та аналізатори, які дозволяють спостерігати за зміною декількох цифрових сигналів одночасно.

В запропонованому пристрої для візуалізації даних та організації користувацького інтерфейсу використовується графічний рідкокристалічний дисплей.

Даний пристрій може працювати в чотирьох режимах:

1. Осцилограф змішаних сигналів.
2. Генератор сигналів довільної форми.
3. Аналізатор спектру.
4. Можливість одночасної роботи генератора і осцилографа.

Програмування мікроконтролера відбувається з-за допомогою інтерфейса PDI. Під час роботи аналогова інформація з датчиків перетворюється в аналого-цифровому перетворювачі (АЦП) в цифровий код та подається на мікроконтроллер. Після цього виконується обробка інформації на основі обчислення FFT (швидкого перетворення Фур'є) та, за необхідності, з використанням автоматичного пошуку основної частоти. Відображення обробленої інформації виконується на LCD дисплеї. Окрім цього в пристрої можливий експорт даних в BMP-формат за допомогою інтерфейсу RS232. Формування сигналів довільної форми відбувається з використанням цифро-аналогового перетворювача (ЦАП).

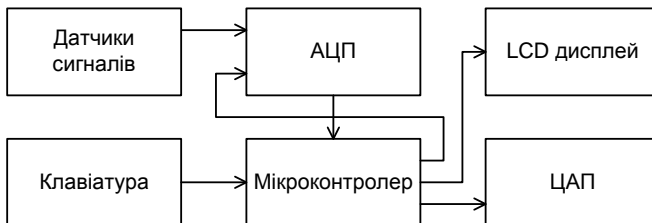


Рисунок 1 – Структурна схема осцилограф-аналізатор

Обробка медико-біологічних зображень

Гуральник А.Б., студент

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Медико-біологічні зображення мають різну фізичну природу. Їх по різному може сприймати людина-опертаор чи автоматизована система. Тому важливим завданням є адаптація процесу обробки зображення до конкретного користувача, тобто до вузької задачі, яку розв'язує споживач інформації. Часто недостатньо представити спостерігачу об'єкт за допомогою ідеальної системи відображення, оскільки необхідна інформація для аналізу зображення з метою пошуку та ідентифікації об'єктів, визначення різного роду кількісних характеристик може бути проявлено тільки в результаті цифрового оброблення. Тому на перший план виходить попереднє оброблення отриманих зображень медико-біологічних об'єктів, яка вимагає покращення самого зображення, виділення скритих об'єктів, визначення їх геометричних розмірів.

Більше того виділення контурів та фільтрація зображень є дуже важливою частиною для надточних медичних операцій, таких як операції на серці та головному мозку людини, де потрібна максимальна точність операцій та розуміння того, де саме потрібно робити ті чи інші медичні операції, щоб не зашкодити пацієнту. При виділенні та фільтрації медичних зображень потрібно забезпечити не тільки високу точність а і високу швидкість, час і на мою думку, тому існує необхідність у підборі таких методів детектування та пристроїв на яких це буде виконуватись за максимальною швидкістю при мінімальному використанні ресурсу.

Тому було запропоновано алгоритм та математичну модель для фільтрації зображення та детектування контуру, що працює на паралельно підключених ПЛІС та ПК. Для фільтрації зображення було обрано фільтр анізотропної дифузії (рис.1 типові осцилограми для фільтра), що описується формулою:

$$\begin{cases} \frac{\partial i}{\partial t} = \text{div}[c|\nabla I|\nabla I] \\ I(t=0) = I_0 \end{cases}$$

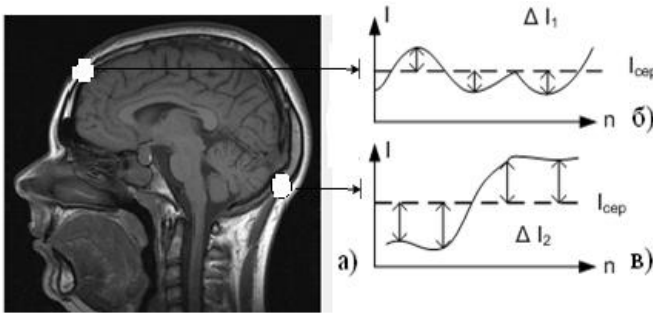


Рисунок 1 – Фрагмент рентгенівського знімку головного мозку та типові осцилограми: а) Фрагмент рентгенівського знімку головного мозку, б) осцилограма інтенсивності в межах ковзного вікна в гомогенній області, в) осцилограма інтенсивності в межах ковзного вікна в примежовій області

Виділення ж контуру проходить при використанні методів Канні та Гауса (рис.2)

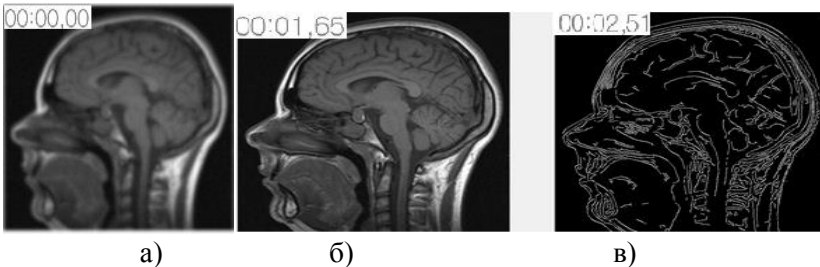


Рисунок 2 – Робота створеного програмного забезпечення на ПК та ПЛІС підключених паралельно, час виконання 2.51 секунди
а) – початкове зображення з шумами; б) – відфільтроване зображення з використанням фільтру анізотропної дифузії; в) – виділення контурів в на відфільтрованому зображенні запропонованим програмним забезпеченням.

Керівник: Білинський Й.Й., *професор*

Разработка аппаратного комплекса по wavelet-обработке потоков данных с температурных датчиков за продолжительный период

Крыжевич Л.С., доцент; Рудаков А.Н., аспирант;
Ковалев В.Г., доцент
Курский государственный университет, г. Курск

Анализ методов фильтрации зашумленных термосигналов выявил, что, например, попытка применить популярный трешолдинг не к индексу, а к логарифму от него приводит к более весомым результатам. Предлагаемый в данной статье заключается в применении фильтра Калмана [1] для обработки последовательностей wavelet спектра вместо трешолдинга.

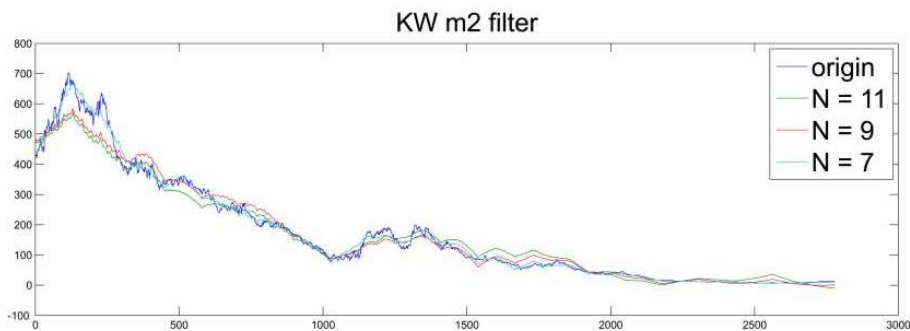


Рисунок 1 — Влияние глубины разложения. Тип wavelet bior2.2,
 $\sigma = 4$, $k = 1$, $\gamma = 49$.

Как видно тип wavelet слабо влияет на $KWm1$ фильтр (исключение составляет wavelet-Хаара, он оказался полностью непригоден для обеих версий фильтра) и оказывает значительное влияние на $KWm2$ фильтр, что является достаточно неожиданным фактом.

В данной работе описан новый тип фильтра сочетающего в себе положительные качества как трешолдинга, так и калмановской фильтрации. Фильтр достаточно гибок в настройке и позволяет подбирать параметры фильтра под конкретные задачи.

1. М.В. Обидин, А.П. Серебровский, *Информационные процессы* **13**, 2 (2013).

Побудова розподілених систем з підвищеною інформаційною надійністю

Арбузов В.В., *старший викладач*; Бережна О.В., *доцент*;
Чалюк Р.Ю., *студент*; Романов Д.А., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

При підвищенні рівня автоматизації обліку електроенергії та збільшенні кількості суб'єктів, що зацікавлені в розвиненні інформаційного обміну між ними, все більш актуальним завданням стає пошук ефективних методів захисту інформації від несанкціонованого доступу (НСД), що передається в автоматизованих системах комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ).

Аналіз погроз та каналів витоку інформації у розподілених АСКОЕ показав, що інформація, що передається в АСКОЕ різноманітними засобами та типами систем передачі даних від лічильника до серверу, є фактично не захищеною. Тому для забезпечення технічного захисту інформації на всьому тракті передачі даних у розподіленій автоматизованій системі необхідно знайти технічні рішення, що повинні забезпечити шифрування пакету даних для утаєння їх фактичного змісту, захист даних від їх зміни в пакеті, а також автентифікацію джерела вимірювальної інформації.

Дослідження структури систем передачі даних, що використовуються в АСКОЕ, підтвердили наявність комбінованих каналів передачі даних на базі різних технологій та засобів передачі (GSM, GPRS, xDSL, Wi-Fi, Ehternet та інше), що потребують комплексного вирішення захисту від НСД із використанням алгоритмів шифрування, що дозволені у сфері державного нагляду.

Таким чином для забезпечення захисту та цілісності інформації на всьому тракті передачі даних в АСКОЕ, треба створити наскрізний інформаційний захисний канал (лічильник – модем – сервер), що працює за принципами SSL-тунелю та використовує вітчизняні стандарти шифрування та електронного підпису.

Організацію цього наскрізного каналу доцільно здійснювати на базі спеціалізованих модемів, наприклад, модемів GL6100 виробництва компанії Sierra Wireless, що дозволяють користувачам самостійно додавати прикладне програмне забезпечення для створення такого захисного каналу.

Розробка електронного лічильника електроенергії з функціями коригування систематичних похибок трансформаторів струму

Арбузов В.В., *старший викладач*; Бережна О.В., *доцент*;
Ковган Р.С., *студент*; Кузнєцов О.О., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Реформування суспільства здійснює вплив на виробничі процеси споживачів електроенергії, характер їх споживання та вимагає розширення діапазону вимірювань засобів вимірювальної техніки. Тому питання підвищення точності вимірювання кількості електроенергії та впровадження методики коригування результатів вимірювання за рахунок виключення систематичних похибок, що вносяться трансформаторами струму при їх низькому завантаженні, є актуальною науково-практичною задачею при побудові автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії.

З метою пошуку ефективного методу коригування результатів вимірювання та технічних рішень з його впровадження необхідно здійснити аналіз можливостей методу допоміжних вимірювань, дослідити фактори, що впливають на процес вимірювання електричної енергії та потужності, обрати метод інтерполяції метрологічних характеристик вимірювальних трансформаторів та розробити алгоритм коригування результатів вимірювання.

Під час виконання досліджень після вирішення перелічених завдань були розроблені алгоритм та структурна схема електронного лічильника, що реалізує функцію коригування результатів вимірювання, обрана апаратна платформа для побудови електронного трьохфазного лічильника електроенергії на базі однієї мікросхеми 71M6513, що дозволяє самостійно додавати розроблені програмні модулі для реалізації різноманітних функцій:

- контролю умов вимірювань і параметрів об'єкта вимірювання за допомогою методу допоміжних вимірювань в реальному режимі часу за інтегрованими значеннями з необхідним періодом інтеграції;
- здійснення коригування результатів вимірювань кількості електричної енергії та потужності шляхом введення поправок за рахунок виключення систематичних похибок трансформаторів струму та напруги, що входять до складу вимірювальних каналів автоматизованих систем обліку.

Счётчики на квазиравновесных кодах

Гейко Д.В., студент; Скордина Е.М., инженер
Сумский государственный университет, г. Сумы

Структурные системы счисления находят эффективное применение при построении компонентов цифровых устройств, которые обладают достаточно высоким быстродействием и простой схемотехнической реализацией, при требуемом уровне ошибкообнаруживающей способности. К таким устройствам можно отнести счётчики с обнаружением ошибок, генераторы двоичных последовательностей для самопроверяемых цифровых устройств и т.п.

Ранее на основании биномиальной системы счисления были получены алгоритмы генерирования равновесных кодов и многозначных биномиальных чисел. Дальнейшее исследование двоичных биномиальных чисел показало, что на структуре биномиальных чисел возможно генерирование квазиравновесных кодов. Данные результаты основаны на свойстве числа сочетаний, которое лежит в основании биномиальной системы счисления.

В качестве практической реализации кодирования с применением квазиравновесных комбинаций предполагается построение двоичных счётных устройств с обнаружением ошибок. При этом, в сравнении со счётчиками на равновесных кодах, которые являются наиболее близкими по структуре к счётчикам на квазиравновесных кодах, обладают меньшими аппаратными затратами, большим быстродействием и коэффициентом счёта.

В данном исследовании ставилась задача по поиску аналитических соотношений для функций возбуждений D-триггеров, на основании которых предполагается схемотехническая реализация счётчиков на квазиравновесных кодах. Решение данной задачи является актуальным, поскольку при наличии аналитических соотношений для синтеза счётных устройств с произвольными параметрами, существенно упрощается их практическая реализации на системах на кристаллах

Первыми полученными результатами является нахождение аналитической зависимости функций возбуждений D-триггеров для кодов с параметрами $Y[(k = n - 2, k = n - 3)]$.

Використання п'єзокерамічних перетворювачів в системах активної звукоізоляції

Матвійчук Я.В., студент

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

Активні методи акустичної звукоізоляції спрямовані на придушення акустичних сигналів шляхом створення хвилі за допомогою динаміків тієї ж частоти і амплітуди, але протилежної фази.

Сучасна технологія активного гасіння звуку, як правило, складається з приймачів звукового сигналу, керуючого процесора і сукупності джерел зниження звукового поля. Використовуються різні алгоритми: одні дозволяють гасити поле в заданій області, інші зменшують випромінюється звукову енергію в цілому, треті можуть використовувати змішані критерії управління залежно від поставлених завдань. Акустичні активні системи дозволяють поліпшувати акустичні характеристики. Тільки за допомогою активного гасіння звуку можна зменшити шум, проникаючий з вулиці при відкритому вікні.

Основною проблемою в системі активної ізоляції є приймач з широкосмуговою АЧХ. Але на сьогоднішній день з'явилися роботи, що описують конструкцію приймача з широкосмуговою АЧХ в заданому діапазоні.

Одним із способів ізоляції є розміщення біморфних п'єзокерамічних перетворювачів на огорожувальній конструкції з ціллю мінімізації передачі структурних коливань.

П'єзоелектричні елементи ідеальні при використанні як електромеханічні перетворювачі. Вони досить широко використовуються для виготовлення п'єзокерамічних компонентів, вузлів і пристроїв.

Керівник: Богданов О.В., доцент

1. О.Н. Петрищев, О.В. Коржик, О.В. Богданов, *Акустический вестник* **16** No2, 47 (2013).

СЕКЦІЯ 7

«ЕЛЕКТРОТЕХНІКА»

Piezoelectric Transducers in the Schemes of Bandpass and Bandstop Electrical Filters

Sharapov V.M., *professor*; Bazilo K.V., *associate professor*;
Trembovetskaya R.V., *associate professor*
Cherkasy State Technological University, Cherkasy

Piezoelectric transducers are widely used in electroacoustics, hydroacoustics, measuring technology, nondestructive control, piezomotors, scanners of nanomicroscopes, other fields of science and techniques.

Piezoelectric elements in the form of piezoresonators or piezoelectric transformers are often used for the manufacture of piezoelectric transducers [1].

To increase the operating range the transducers may be included into the schemes of electrical filters. The disadvantage of these transducers is the need to use two piezoelectric elements or the piezoelectric element and the capacitor. To eliminate this drawback in the schemes of the transducers can be used piezoelectric transformers.

Piezoelectric element with three or more electrodes can be conditionally called as piezoelectric transformer.

The designs of transducers with piezoelectric transformers in the schemes of bandpass and bandstop filters are shown in Fig. 1.

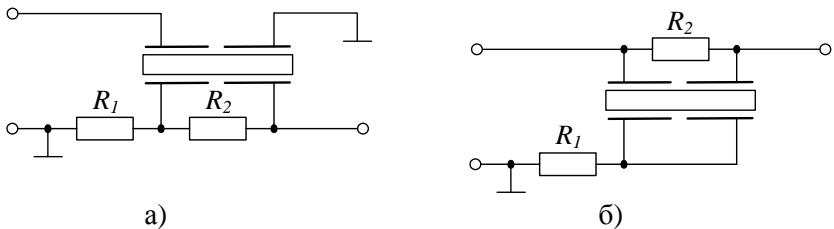


Fig. 1 – Designs of bandpass (a) and bandstop (b) filters with piezoelectric transformer

The advantage of the proposed structures is the filters realization in the body of one piezoelectric element.

1. V. Sharapov, *Piezoceramic sensors*. (Springer Verlag: 2011).

Терморегулируемое устройство формирования тканеэквивалентного фильтра

Стуров А.В., *студент*; Четвериков С.Ф., *ассистент*
Липецкий государственный технический университет, г. Липецк

Важной характеристикой эффективности использования ионизирующего излучения в лучевой терапии является соотношение дозы, передаваемой мишени и окружающим здоровым тканям. При лучевой терапии неправильных поверхностей, проще привести условия облучения к условиям плоскости перпендикулярной к оси пучка. Для этого на поверхности формируют слой материала с тем, чтобы сторона его, обращенная к источнику излучения, была плоской и перпендикулярной к оси распространения пучка [1]. Вещество, из которого состоит этот слой, должно иметь тканеэквивалентные свойства. Также можно использовать приспособления из других веществ, расположенных на расстоянии от кожи, для формирования основных изодоз и придания им косо́го направления по отношению к оси пучка. Задачей данного проекта является создание терморегулируемого устройства (ТРУ), которое позволяет формировать и корректировать толщину накладываемого слоя (рис. 1а). ТРУ состоит из: блока защиты, представленного заземлением и термозащитой, блока индикации, блока контроля, представленного терморегулятором и выходной блока, который включает в себя трубчатый электронагреватель (рис. 1б).

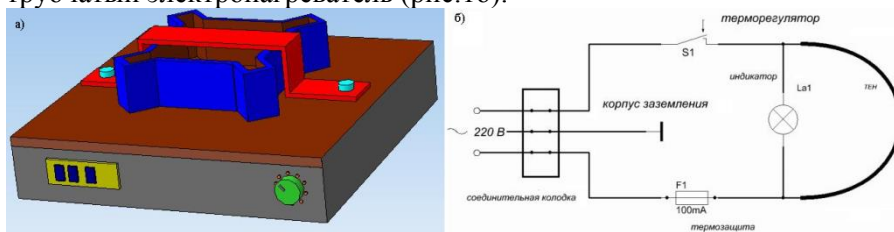


Рисунок 1 – а - внешний вид ТРУ; б - электрическая схема ТРУ

1. *Физические основы лучевой терапии и радиобиологии* / М. Тюбиана, Ж. Дютрекс, А. Дютрекс, П. Жоке, пер. с фр. К.Д. Калантарова; под общ. ред. Г.А. Зедгенидзе (М.: Медицина: 1969).

Спосіб поновлення осердя короткозамкненого ротора електричної машини змінного струму

Муріков Д.В., *доцент*; Василега П.О., *доцент*;
Канавець О.П., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Номинальний зазор між статором і ротором електричних машин змінного струму становить 0,2-0,5 мм. Під час експлуатації електричної машини зазор змінюється і за певних умов можливе механічне контактування осердь статора і ротора. Оскільки осердя виготовляються не суцільними, а шихтованими (із окремих пластин товщиною від 0,1-0,5 мм, електрично ізольованих між собою) то навіть незначне контактування статора і ротора призводить до створення задилок, які з'єднують між собою окремі пластини, що призводить до збільшення магнітних втрат і зниження ККД машини. Для поновлення нормальної працездатності електричної машини необхідно виконати ремонт з метою поновлення осердя короткозамкненого ротора шляхом усунення задилок.

Відомі способи поновлення осердя короткозамкненого ротора мають ряд суттєвих недоліків: велика кількість операцій, складність виконання окремих із них, можливість пошкодження працездатних елементів (в першу чергу обмотки статора, або ротора) концентрованою азотною кислотою, погіршення електроізоляційні властивості ротора, тощо.

Розроблено способі поновлення короткозамкненого ротора машин змінного струму, згідно якого задирки видаляють шляхом електрохімічної обробки пошкодженої поверхні з використанням електрод-катода. Під час поновлення ротор повільно обертається навколо своєї вісі і при цьому забезпечується рівномірний технологічний зазор між поверхнями ротора і електрод-катода. Як електроліт використовують розчини нейтральних мінеральних солей, наприклад, NaCl або NaNO₃. Даний спосіб дозволив значно спростити та здешевити ремонт електричних машин, оскільки він є нетрудоміським, не потребує використання хімічно активних речовин, а тому не погіршує електроізоляційних властивостей як осердя, так і обмотки ротора.

Моделювання перенапруги в розподільчих мережах електроенергетичних систем

Ніконов Р.С., студент; Шешеня І.О., студент;
Петровський М.В., доцент; Лебедка С.М., старший викладач
Сумський державний університет, м. Суми

Метою даної роботи є розробка комп'ютерної програми та проведення моделювання на ЕОМ режимів роботи електричних мереж, вибір способу заземлення нейтралі, а також обмеження ємкісних струмів і перенапруг при однофазних замиканнях на землю (ОЗЗ), та підвищення ефективності їх використання із урахуванням способу заземлення нейтралі, у відповідності з вимогами та методиками нормативних документів.

Для розрахунків електромагнітних перехідних процесів при ОЗЗ в кабельних мережах, розроблена комп'ютерна програма «AnFaz» вихідними даними розрахункової схеми є:

- кількість вузлів і віток в розрахунковій схемі;
- дані про вітки – перетин, довжина, питомі параметри (активні та індуктивні опори (R, X), активні і ємнісні провідності (G, B) ділянок мережі на 1 км);
- дані про вузли схеми електричної мережі (номер вузла, номінальна напруга, активна та реактивна потужність споживання, що генеруються у вузлі, тип навантаження у вузлі);
- дані про комутацію – час і крок розрахунку перехідного процесу, номер вузла і моменти комутацій, кількість і номери контрольованих вузлів і віток.

В роботі отримано узагальнені математичні моделі трифазних елементів мережі, що забезпечують підвищення точності моделювання перехідних процесів і визначення параметрів дугогасильних реакторів (ДГР) і резисторів, що застосовуються для обмеження негативних наслідків ОЗЗ, і враховують особливості їх конструктивного виконання.

Проведено чисельні дослідження електромагнітних перехідних процесів при ОЗЗ в електричних мережах 6-10 кВ, обладнаних різними засобами обмеження перенапруг та струмів (ДГР, резистори, обмежувачі перенапруги – ОПН), що дозволило виконати аналіз умов роботи мереж з різними режимами нейтралі.

Моделювання КЗ в мережі 750 кВ з урахуванням реакторів

Шешеня І.О., студент; Ніконов Р.С., студент
Сумський державний університет, м. Суми

Число елегазових вимикачів встановлених в електричних мережах напругою 110 кВ і більше, невинно зростає. В останні роки на ряді підстанцій відбулася серія пошкоджень лінійних елегазових вимикачів, якими здійснюється комутація ПЛ з приєднаними шунтуючими реакторами. Всі аварії мали місце в циклах «включення-швидке відключення», коли вслід за включенням ПЛ з реакторами (при якому в струмі лінійного вимикача із-за наявності реакторів з'являлась аперіодична складова) давалась команда на відключення ПЛ.

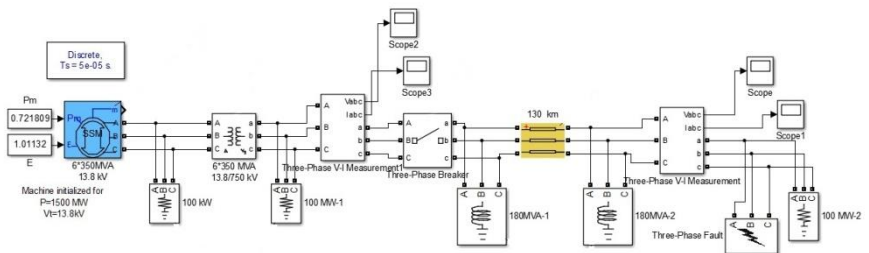


Рисунок 1 – Схема ПЛ 750 кВ з урахуванням реакторів побудована в середовищі Matlab.

Підвищений вміст аперіодичної складової в вимикаючому струмі однобічно живлячої ПЛ був недопустимий для елегазового вимикача, при якому вплив інтенсивності на дугу визначається вимикаючим струмом.

Керівник: Петровський М.В., доцент

1. М.В.Дмитриев, Г.А.Евдокунин, С.Г.Гольдштейн и др., *Новости Электротехники*, №3(51) (2008).

Моделювання та визначення оптимальних параметрів системи електропостачання

Устименко О.В., *студент*; Однолюток М.Д., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Головними приймачами електричної енергії в системі електропостачання більшості промислових підприємств є асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. Поряд з перевагами (простота конструкції та експлуатації, надійність у роботі та простота ремонту, відносно малі вага, габарити та вартість, можливість прямого пуску та ін) вони мають і один суттєвий недолік – великі значення пускових струмів. Наявність в системі електропостачання домінуючих електроприймачів, потужність яких в рази перевищує одиничну потужність інших і є сумірною з потужністю трансформатора трансформаторної підстанції, суттєво впливає як на роботу всієї електропостачальної системи, так і на роботу інших електроприймачів. Це пояснюється тим, що прямий пуск потужних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором може зумовити ряд негативних явищ, серед яких головними є збільшення втрат напруги та зростання теплових втрат.

Була розроблена модель системи електропостачання «трансформатор – кабельна лінія електропередач – електродвигун», яка дозволила дослідити вплив пускових режимів асинхронного електродвигуна з короткозамкненим ротором на роботу всіх складових частин електропостачальної системи, та вибрати її оптимальні параметри.

Результати дослідження існуючої системи електропостачання: пусковий струм у сім разів перевищує номінальний, втрати напруги на трансформаторі становлять 22%, що є недопустимим.

Висновки: для забезпечення нормальної роботи системи електропостачання можливі два варіанти рішення:

- збільшити потужність трансформатора та переріз жил кабелів;
- замість прямого пуску використовувати інші, наприклад, пуск переключення зі схеми «зірка» на «трикутник», або пуск з допомогою автотрансформатора.

Керівники: Муріков Д.В., *доцент*; Василега П.О., *доцент*

Режекторний фільтр на С-негатроні з електронним керуванням

Лазарев О.О., доцент; Козін Д.О., студент

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Режекторний фільтр – електронний фільтр, що не пропускає сигнал з певною частотою і пропускає сигнали з усіма іншими частотами. Відмінністю запропонованого режекторного фільтра від існуючих є використання С-негатрона – приладу з від’ємним значенням диференційною ємності, що дозволяє збільшити коефіцієнт пере налаштувань та частотний діапазон роботи пристрою. Так при введенні в паралельний коливальний контур з котушкою індуктивності 5000мкГн та варікапу 1N5148, від’ємної ємності -21пФ, реалізованої на операційному підсилювачі LF357, діапазон переналаштування центральної частоти смуги загасання фільтра 222кГц - 703кГц при зміні напруги керування 0 - 10В. Коефіцієнт переналаштування фільтра $K=3,16$, що в 1,58 рази більше за аналог – фільтр без С-негатрона. На рис.1 наведено схему та АЧХ режекторного фільтра з електронним керуванням на С-негатроні.

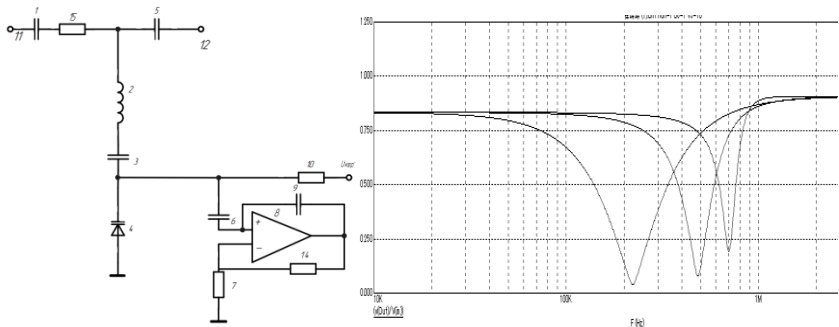


Рисунок 1 – Схема режекторного фільтра та його АЧХ

Перевагою запропонованого режекторного фільтру є збільшення коефіцієнту переналаштувань та збільшення частотного діапазону роботи пристрою.

1. М.А Філінюк;О.О. Лазарев;О.В. Войцеховська, *LC негатрони та їх застосування* (Вінниця,ВНТУ 2012).

Research of Piezoelectric Adders for Vibroacoustic Physiotherapy

Bazilo K.V., *associate professor*; Medianyк V.V., *student*
Cherkasy State Technological University, Cherkasy

Vibroacoustic physiotherapy – the one of types of vibrotherapy, at which, for the therapeutic and prophylactic purposes a contact effect of microvibration with sound frequency (20 Hz – 20 kHz) is used. Most frequently the piezoelectric transducers are used as the projectors.

As is well known, due to the inverse piezoelectric effect upon the application of a sinusoidal electric field can appear forward and backward traveling waves of displacement, strain and stress that in the steady state produce a standing wave. Naturally, if we initiate in the solid state of piezoelectric element several traveling waves, by applying the principle of superposition, we obtain the algebraic addition of energy flows at each point of the excited volume.

The output signal from the piezoelectric element, which due to the direct piezoelectric effect is induced charge is proportional to the total value of the mechanical stress acting in the region of the electrode.

The one of the constructions of the piezoelectric adder, and the oscillogram of piezoelectric adder output are shown in Fig. 1.

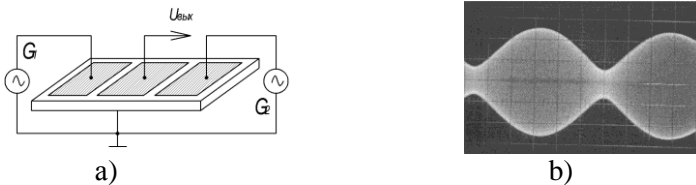


Fig. 1 – Design of the adder (a) and oscillogram of the piezoelectric adder output (b)

In the work the issue of piezoelectric transducers using for vibroacoustic interferential therapy is considered. Interference of waves in the piezoelectric transducer is investigated, constructions of piezoelectric transducers for vibroacoustic interferential therapy are offered.

1. Sharapov V., Sotula Zh., Kunickaya L. *Piezo-electric Electro-Acoustic Transducers*. Springer Verlag, 2013.

Methods for Improving the Quality of Electric Energy

Lebedinskiy I.L. *associate professor*; V. Romanovsky, *associate professor*;
M.V. Kachan, *PhD student*
Sumy State University, Sumy

In modern electrical networks the number of electrical devices with non-linear current-voltage characteristics is constantly increasing. Such devices create var flows in the system and cause current and voltage uninusoidality in the network, which leads to increased losses in power lines and transformers, damages in banks of capacitors, increasing neutral currents and reducing power factor. At the same time, the vast transmission of sensitive loads in the form of digital electronics and sophisticated controlling systems require pure sinusoidal voltage to the control and reliable operation of such load. The result is a current for power supply companies, and consumers task effectively reduce current and voltage harmonics in the network.

Passive filters can be used to compensate for the harmonics, the absolute advantage of which is their low prize. A disadvantage of such devices is that they focus on specific parameters of the lines and energy consumers which can be very unpredictable. Therefore, in modern conditions active filters are becoming more and more useful. Their advantage is the possibility of simultaneous control of several quality parameters of electrical energy and less dependence on the parameters of the distribution network, in which they are installed. The disadvantage of active filters is their high prize.

The principle of active filters operation is that an active filter that measures the power that passes through the filter attachment. Then there is a comparison of the incoming signal with the reference and generating a corrective signals.

1. P. Annapandi, M. Rajaram, *IJEST* 4 No7, 3075 (2012).

The Appraisal of Voltage Unsinusoidality in the Electrical Distribution Network

Lebedinskiy I.L., *Associate Professor*;
Romanovsky V.I., *Associate Professor*; M.V. Kachan, *PhD Student*
Sumy State University, Sumy

Voltage unsinusoidality is a type of conductive barriers for electromagnetic compatibility (EMC). EMC indicators must have physical content, be applied to interference of any kind, ensure the unity of standardization, measurement and calculation. Conceptual principle is EMC assessment by simulating interference with electrical equipment.

EMC models should be simple, but at the same time reflect the basic properties of objects. Negative effects from the influence always depend on the capacity of reaction and inertia of the object. So the easiest power unit should have square-law generator and inertial link of the first rank. The appraisal of EMC will be wrong without a simulation.

The best result of the appraisal of voltage unsinusoidality is obtained if the sine wave will be devoted not into entire range, but cyclically. In this case, the schedule of obstacles is nonzero solution within those cycles where there are distortions. Sinusoids' options in each cycle may be different. Another of the calculation methods used in practice is the representation of non-periodic processes in the form of a Fourier series on a finite interval. The formulas for the coefficients of the Fourier series suggest the periodic process, including the equality of ordinates at the beginning and at the end of the cycle. In the case of non-periodic interference, these ordinates may not be the same, leading to errors in the sine wave phase definition.

1. I.V. Zhezhelenko, *The Upper Harmonic in the Electric Power Systems* (M.: Energoatom pub.: 2004).
2. Y.S. Zhelezko, *The Losses of Electricity. Reactive Capacity. Quality of Electricity. Almost guidance for calculations* (M.: ANAS pub.: 2009).
3. A. Cusco, M. Thompson, *The Quality of Energy in Electric Webs* Trans. from English. (Moscow: Dodeka - HH1: 2008).

Оцінка ефективності електроспоживання при специфічних навантаженнях

Кійко В.В., *асистент*

ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ

Забезпечення вимог щодо якості електроенергії при специфічних навантаженнях (нелінійні, несиметричні), особливо для енергоємних підприємств з високим ступенем енергоозброєності й автоматизації, підвищує ефективність виробництва. Нормалізація параметрів якості електроенергії в кожному конкретному випадку повинна вирішуватися по-різному, з урахуванням конкретної енергетичної ситуації.

Значення показників якості електроенергії повинні знаходитися в допустимих межах з інтегральною імовірністю 0,95 за встановлений період часу. Основними критеріями ефективності енергопроцесів є коефіцієнти потужності, спотворення і несиметрії, що враховують три основні види неякісності електроенергії. Однак така система оцінок не завжди достатньо ефективна, показники не є незалежними один від одного, а зміна одного виду неякісності електроенергії, що породжує відповідну неактивну потужність, може привести до зміни більш ніж одного показника. Мультиплікативність показників не виключає можливості отримання однакових числових характеристик показників якості для випадків фактично різного складу негативних факторів.

Визначальним показником ефективності електроспоживання може служити величина втрат в системі при передачі енергії споживачу. При цьому найбільш ефективний спосіб оцінки електроспоживання, особливо при специфічних навантаженнях, може бути реалізований на підставі аналізу співвідношення втрат в електропостачальній мережі, обумовлених циркуляцією неактивних потоків електроенергії (реактивної, спотворення, несиметрії). Аналізуючи складові втрат досить просто прийняти вірне коригуюче рішення і провести моніторинг його ефективності.

1. Патент № 63324 А, МПК 7 G01R21/00. *Спосіб контролю ефективності електроспоживання*. Поляко М.Г., Кійко В.В. Бюл. № 1 від 15.01.2004.

Модельовання дистанційного захисту лінії електропередач в програмному комплексі PSCAD/EMTDC

Іванов О.О., *аспірант*; Ігнатова О.І., *студент*;

Іванов С.О., *студент*

Сумський державний університет, м. Суми

Стійка робота електричних станцій у великій мірі забезпечується за рахунок надійної роботи релейного захисту їх електрообладнання. В даний час, що характеризуються збільшенням числа аварійних ситуацій, а також зростанням кількості випадків виникнення супутніх ушкоджень, роль релейного захисту постійно зростає. У багатьох випадках через відносну недосконалість релейного захисту не можна запобігти розвитку аварій, які все частіше протікають по найбільш важкому шляху і супроводжуються значними економічними втратами.

В ході виконання наукової роботи був розроблений алгоритм роботи дистанційного захисту лінії електропередач, який було відтворено в програмному комплексі PSCAD/EMTDC, що дозволило в режимі реального часу проводити різноманітні маніпуляції над розробленою схемою та одразу спостерігати результат роботи, що значно полегшує процес прийняття рішень, і має величезне значення не тільки для наукового, а й для освітнього процесу.

Розроблена модель дистанційного захисту дозволяє спостерігати всі процеси, які відбуваються при спрацюванні та до моменту спрацювання захисту.

Запобігання фальшивому спрацюванню при режимах асинхронного ходу генераторів та режимах хитань електроенергетичних систем, відбувається за рахунок контролю приросту струму зворотної послідовності.

1. Э.М. Шнеерсон, *Цифровая релейная защита* (Энергоатомиздат: 2007: 549 с.).
2. Г. Циглер, (под. ред. А.Ф. Дьякова), *Цифровые устройства дифференциальной защиты. Принципы и область применения* (Энергоатомиздат: 2005: 237 с.).

Використання математичного моделювання для дослідження провалів напруги в розподільних мережах високої напруги

В'юненко О.Б.¹, *доцент*; Толбатов В.А.², *доцент*

¹ Сумський національний аграрний університет, м. Суми

² Сумський державний університет, м. Суми

Провали напруги на шинах споживачів електроенергії можуть виникати з різних причин: різка зміна навантаження, пуск і самозапуск двигунів, ушкодження в мережі та інше. Однією з найбільш поширених причин є короткі замикання (КЗ) на повітряних лініях мереж напругою 110 кВ і вище. Провали напруги, що виникають при цьому, виділяються великою кількістю споживачів і низьким рівнем залишкової напруги [1]. Оцінити ступінь впливу провалу напруги на споживачів можна, знаючи його глибину і тривалість, а також ступінь чутливості споживачів. Однак в розгалужених мережах розрахунок залишкових напружень значно ускладнюється, особливо для несиметричних режимів КЗ. Тому для дослідження провалів напруги доцільно застосовувати методи математичного моделювання в програмному середовищі MatLab Simulink, до складу якого входить бібліотека силових елементів електричної мережі SimPowerSystems [1]. За результатами проведених досліджень можливо зробити висновки: 1) трифазні КЗ в мережах 110 кВ викликають провали напруги значної глибини, що залежать від віддаленості місця пошкодження і потужності мережі; 2) однофазні КЗ в мережах 110 кВ викликають на шинах споживачів середньої і низької напруги провали значно меншої глибини, ніж при трифазних КЗ; 3) шляхом підвищення величини струмів КЗ безпосередньо від системи і правильного вибору схем з'єднання обмоток трансформаторів 10/0,4 кВ можна досягти обмеження області, в якій однофазні КЗ призводять до від'єднання контакторів схем управління і контрольно-вимірювальних приладів, лише лініями живлення 110 кВ.

1. Л.Я. Теличко *Электротехнические комплексы и системы управления* №04, 12 (2010).

Перспективи використання міні-ТЕЦ на твердому паливі для Ріпкинського району Чернігівської області

Палій Д.О., студент; Приступа А.Л., доцент

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів

Останнім часом все більше відчувається залежність України від імпортованих енергетичних ресурсів, що негативно відображається як на економіці країни, політичній ситуації так і на добробуті населення. Тому подальший розвиток енергетики буде спрямований на використання відновлювальних джерел енергії, в тому числі таких, що працюють на відходах деревообробки та сільського господарства.

В Ріпкинському районі Чернігівської області працюють декілька великих лісопереробних підприємств. Загальний обсяг відходів по лісогосподарським підприємствам КП "Чернігівоблагроліс" складає 205,8 тис. м³ на рік. Їх можна використовувати як паливо, або як сировину для виготовлення паливних брикетів та пелетів.

На основі проведеного аналізу основних технологій виробництва електричної та теплової енергії, що використовуються на сучасних міні-ТЕЦ, було виявлено, що для діапазону номінальних потужностей до 500кВт найбільш доцільними є ОРС – установки.

Показано, що для зменшення транспортної складової витрат та підвищення рентабельності проекту міні-ТЕЦ доцільно розміщувати на території лісопереробних підприємств. Частина теплової та електричної енергії буде витрачатись на технологічні потреби підприємства, а решта продаватись споживачам. Показано, що підключення міні-ТЕЦ потужністю до 100кВт електричної енергії не призводить до значної зміни струмів короткого замикання та витрат потужності в елементах електричних мереж. Отже будівництво таких міні-ТЕЦ невеликої потужності не потребує реконструкції діючих електричних мереж та заміни релейного захисту.

Проведено розрахунок інтегрального економічного ефекту від впровадження міні-ТЕЦ, що працюють на різних видах палива та в різних населених пунктах. Показано, що найбільший прибуток можна отримати при роботі міні-ТЕЦ на відходах деревини. В цьому випадку термін окупності за дисконтним методом розрахунку складатиме 4 роки.

Проблема аналізу зміни фізико-механічних характеристик проводу

Галюга А.В., *аспірант*

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів

Дослідження у галузі розрахунку зміни фізико-механічних характеристик проводу є частиною роботи по створенню математичної моделі стану проводу. На даний час основною проблемою є відсутність розрахункових залежностей, необхідних для чисельного моделювання.

За основу в проведенні аналізу прийнято гіпотезу про електростатичну природу сил пружності та методи розрахунку модуля пружності та коефіцієнта Пуассона для бездефектних моно- та полікристалів [1]. Величина розрахункових змін модуля Юнга та коефіцієнта Пуассона для чистого бездефектного матеріалу проводу у функції температури свідчить про основний вклад у фактичну зміну фізико-механічних параметрів проводу не температурної складової, а дефектів матеріалу, дислокацій, та явища старіння і повзучості. Дана гіпотеза для чисельного моделювання не підходить.

Відомі розрахункові формули величини деформації повзучості [2] не дають можливість оцінити або чисельно змоделювати явища поздовжніх та поперечних деформацій через обмежену область застосування (у випадку щільностей струму характерних для лінійних відгалужень, розрахунок дає від'ємну величину деформації).

Тому для подальшого моделювання необхідно виконати інструментальні вимірювання величини зміни фізико-механічних констант з подальшим виведенням відповідних функціональних залежностей.

1. И.Х. Бадамшин, *Прочность элементов конструкций из эвтектических композитов на основе электростатической природы упругости*: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д.т.н. спец. 01.02.06 – Уфа, 2010. – 35с.
2. J. Bradbury, P. Dey, G. Orawski, and K.H. Pickup, *Proc. IEE* **122**, 10 (1975).

Моделювання нелінійних режимів роботи електричних мереж за допомогою програмного комплексу MathCad та комплексу LabView на основі системи збору даних National Instrument DAQ з інтерфейсом USB

Березка О.І., студент; Макуха Д.М., аспірант;
Романовський В.І., старший викладач
Сумський державний університет, м. Суми

Збільшення рівня електромагнітних впливів в електричних мережах є результатом зростання нелінійних, несиметричних та швидкозмінних навантажень на промислових підприємствах країни. Впливи негативно впливають як на силові електроустановки споживачів, на системи автоматики та релейного захисту, так і на самі електричні мережі. В сучасному світі існує декілька способів вимірювання швидкозмінних показників електричної енергії, проте досі єдиної методики для вимірювання отриманих з приладів значень немає. Також відсутня система приладів, котра б забезпечила вимірювання та аналіз нелінійних змін в електричній мережі.

Пропонується провести комп'ютерне моделювання симетричних та несиметричних режимів роботи трифазної електричної мережі з допомогою програмного комплексу MathCad та комплексу LabView на основі системи збору даних National Instrument DAQ з інтерфейсом USB. Для приладів визначити основні технічні вимоги та визначити вплив несинусоїдної напруги на електричну мережу.

Проаналізовано типові структури засобів вимірювання та технічні вимоги до приладів вимірювання швидкозмінних показників енергії, а також методи їх контролю. Отримані графіки, як комплексу LabView, так і з допомогою системи збору даних NI DAQ з інтерфейсом USB дають можливість виявити зміни в роботі електромережі, дозволяють зробити подальший аналіз для створення відповідної системи для аналізу та покращення енергосистеми.

1. А. Куско, М. Томпсон, *Качество энергии в электрических сетях* (пер. с англ. Рабодзаян А.Н.) (М. Додэка-XXI: 2008).
2. *Автоматизация физических исследований эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW7* (под. ред. Бутырина П.А.) (М.: ДМК Пресс: 2005).

Моделювання споживання електричної енергії динамічним навантаженням в електричних мережах промислових підприємств

Романовський В.І. *старший викладач*; Кірієнко Д., *студент*;
Слюсар І., *студент*
Сумський державний університет, м. Суми

Існуючі методи, які орієнтовані на підвищення енергоефективності роботи промислових споживачів електричної енергії передбачають те, що підприємство отримує електричну енергію, що відповідає всім нормованим показникам якості. Нажаль, у сучасних умовах виробництва та споживання електричної енергії це не відповідає дійсності [1]. Метою проведеного дослідження була розробка методів оцінювання впливу режимів роботи обладнання, яке характеризується динамічним характером споживання електричної енергії на мережу в цілому та на суміжних споживачів електричної енергії. Було розроблено математичну модель, яка представлена на рис.1.

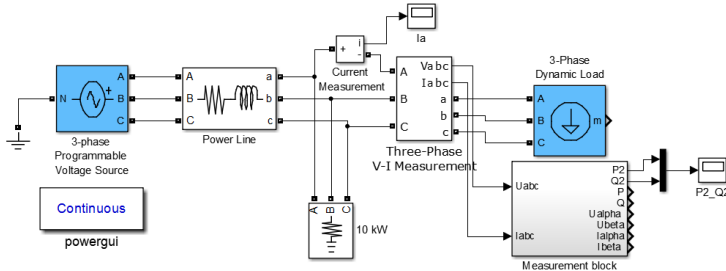


Рисунок 1 – Модель внутрішньоцехової системи електропостачання.

Було застосовано теорію миттєвої потужності, яка дозволяє оцінити ступінь впливу режиму роботи споживачів з динамічним характером навантаження на мережу в цілому та на суміжних споживачів. Виявилось, що при зміні режиму роботи обладнання з динамічним характером споживання електричної енергії з'являються суттєві коливання активної та уявної потужності.

1. Ю.А. Сиротин, *Електрика* № 6-7, 15, 22 (2009).

The Influence of Switching and Changing of Resistance Value of Incandescent Lamp on Watt-hour Energy Accounting

Diahovchenko I.M., *PhD student*; Kartalov M.O., *student*;
Havruluk V.S., *student*
Sumy State University, Sumy

The expediency of repeated switching of regular incandescent lamp (IL) was checked by using calculation and experimental methods from the point of view of electric energy consumption. The induction and electronic single-phase meters of commercial accounting of active electrical power, intended for single-phase alternating current circuits were used to determine the amount of consumed electric energy.

The incandescent body (IB) of IL has coiled-coil shape. The reactive part of total resistance of IL is negligible and the changes of energy store in reactive elements of the circuit are almost difficult to identify. The amount of energy that accumulates in the magnetic field of tungsten spiral with inductance L tends to zero. Therefore, the energy consumption of IL during the transition process can be neglected.

When the first time turned on, according to Ohm's law, the starting current passes through IL, which is in times bigger than working. When current passes through a conductor, the electrodynamic forces arise causing the destructive mechanical stress, which destroys the spiral. Also the processes of evaporation and recrystallization of tungsten take place. Each next switching reduces operation time of IL, and energy consumption at the starting points is many times higher than at continuous operation of the lighting device.

It was found out that frequent "cold starts" of electric energy meters record the greater value of energy consumption at the certain interval of time of IL operation in comparison with the sustainable mode of the lighting device operation.

1. P.V. Pliaskin, V.V. Fedorov, Ju.A. Bukhanov, *The basics of electricity supply construction*. (Moscow: Energoatomizdat: 1983)p.
2. L.G. Ulmishchek. *The manufacturing of electric incandescent lamps* (Moscow: Energiya: 1966).

Сравнительный анализ экономичности использования ламп накаливания, люминесцентной, энергосберегающей и светодиодной в коммунальных учреждениях

Лебединский И.Л., *доцент*; Гречикина П.Б., *студент*;
Киях И.А., *студент*
Сумской государственный университет, г. Сумы

В наше время, когда правительство каждой страны пытается экономить на всем, включая электроэнергию, внимание, в том числе, уделяется именно освещению. Существует несколько видов энергосберегающих ламп, позволяющих, по данным производителей, так или иначе экономить потребляемую электроэнергию. С 1.01.2009 правительство Украины выдало распоряжение, которое запрещает бюджетным организациям покупать лампы накаливания, таким образом обязывая использовать энергосберегающие. Цель нашей работы - изучить и проанализировать экономичность использования энергосберегающих ламп в сравнении с лампой накаливания.

Предметом исследования являются четыре основных вида ламп: лампа накаливания (40 Ватт), люминесцентная лампа (40 Ватт); энергосберегающая лампа (9 Ватт, аналог 40 Ватт лампы накаливания); светодиодная лампа (4 Ватт, аналог 40 Ватт лампы накаливания). Основные анализируемые показатели: цена лампы, время работы лампы, максимальное количество коммутаций, потребляемая мощность.

В работе рассмотрено два случая:

1. непрерывный режим работы;
2. режим включено/отключено.

За базовый взят ресурс светодиодной лампы, который сравнивается с лампами накаливания, люминесцентной и энергосберегающей.

Результаты работы представлены следующими диаграммами: цены лампочек при фиксированном количестве часов работы; цена на электроэнергию при фиксированном количестве часов работы; цена на лампочки при фиксированном количестве коммутаций; цена на электроэнергию при фиксированном количестве коммутаций; все вышеуказанные диаграммы при росте цен на 100%; результирующие диаграммы суммарных затрат для обоих случаев.

Наукове видання

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ :: 2015

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Відповідальний за випуск
декан ф-ту ЕлІТ

проф. **С.І. Проценко**

Комп'ютерне верстання
Дизайн обкладинки

доц. **Т.В. Лютого**

доц. **Т.В. Лютого**

Відповідальний редактор

доц. **Т.В. Лютий**

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 12,09 Обл.-вид. арк. 14,15 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.

