



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ-2011

**МАТЕРІАЛИ
та програма
НАУКОВО - ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**Суми,
18-22 квітня 2011 р.**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА,
ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ - 2011

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 18-22 квітня 2011 року)

Суми
Сумський державний університет
2011

Шановні колеги!

Факультет електроніки та інформаційних технологій Сумського державного університету запрошує Вас взяти участь у роботі науково-технічної конференції.

Конференція відбудеться з 18 до 22 квітня 2011 року.

Час та місце роботи секцій, які Вас цікавлять, зазначені у програмі.

Адреса університету:

40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Телефон для довідок 33-71-44.

Секції конференції

1. Теоретична фізика.
2. Експериментальна фізика.
3. Наноелектроніка.
4. Фізичні основи мікроелектроніки.
5. Електронне приладобудування.
6. Енергозбереження в електроенергетиці.
7. Електронні системи і засоби кодування інформації.

Голова оргкомітету

доцент С.І. Проценко

ПРОГРАМА КОНФЕРЕНЦІЇ

СЕКЦІЯ № 1 «ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА»

Голова секції – д. ф.-м. н., проф. Лопаткін Ю.М.
Секретар секції – к.ф.-м.н., ст. викл. Вітренко А.М.

Початок: 18 квітня 2011 р., ауд. ЕТ 216, 10⁰⁰.

1. Эффект втягивания в бианизотропных слоистых структурах.

Докладчики: асп. Архипов А.Д.,
студ. Сидоренко О.А.,
доцент Вытовтов К.А.

2. Формирование ультракоротких кластеров электромагнитного поля мультигармоническими параметрическими ЛСЭ.

Докладчики: асп. Брусник А.Ю.,
проф. Кулиш В.В.,
доцент Лысенко А.В.

3. Усиление мультигармонических волн пространственного заряда в системе с продольным электростатическим ондулятором.

Докладчики: асп. Брусник А.Ю.,
проф. Кулиш В.В.,
доцент Лысенко А.В.

4. Усиление циклотронных волн в плазменно-пучковой системе, помещенной в периодически реверсивное магнитное поле.

Докладчики: асс. Коваль В.В.,
студ. Герман Е.В.,
проф. Кулиш В.В.,
доцент Лысенко А.В.

5. Влияние теплового разброса на множественные параметрические взаимодействия нарастающих волн в двухпотоковом электронном пучке.

Докладчики: ассист. Ромбовский М.Ю.,
студ. Скляр М.С.,
проф. Кулиш В.В.,
доцент Лысенко А.В.

6. Динамика ферромагнитных наночастиц в жидкости.

Докладчики: студ. Рева В.В.,
доцент Лютый Т.В.

7. Резонансное переключение намагниченности наночастицы во вращающемся поле.

Докладчики: асп. Поляков А.Ю.,
доцент Лютый Т.В.,
проф. Денисов С.И.

8. New asymptotic solutions of the unbiased continuous-time random walks.

Reporters: prof. Denisov S.I.,
stud. Bystrik Yu.S.

9. Superslow biased diffusion in a random potential.

Reporters: associate prof. Denisova E.S.,
lecturer Denisova L.A.

10. Оценка погрешностей численного итерирования логистического отображения в хаотическом режиме.

Докладчики: студ. Рудик А.В.,
ст. преп. Витренко А.Н.

СЕКЦІЯ № 2 «ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА»

Голова секції – д. ф.-м. н., проф. Лопаткін Ю.М.

Секретар секції – к.ф.-м.н., ст. викл. Вітренко А.М.

Початок: 18 квітня 2011 р., ауд. ЕТ 216, 10⁰⁰.

1. Електронно-коливальна взаємодія в молекулах резазурину.

Доповідачі: асп. Сакур Т.М.,
проф. Кондратенко П.О.,
проф. Лопаткін Ю.М.

2. Компьютерное исследование кинетики образования сгустков Ag, созданных лазерным светом на поверхности микрокристаллов AgBr, при нормальном лазерном эффекте Гершеля.

Докладчики: ассист. Пивень А.Б.,
проф. Лопаткин Ю.М.,
доцент Пивень О.Б.

3. Механизм переключения молекулярного затвора на основе спиропирана.

Докладчики: асп. Дмитриев А.В.,
проф. Кондратенко П.А.,
проф. Лопаткин Ю.М.

4. Влияние электрического поля на барьер внутреннего вращения молекул на основе дифенила.

Докладчики: асп. Дмитриев А.В.,
студ. Голубев А.Ю.,
проф. Лопаткин Ю.М.,
проф. Кондратенко П.А.

5. Кинетика перераспределения атомов по поверхности при конденсации моноатомного слоя.

Докладчики: асп. Лорент А.Л.,
доцент Долгов А.С.

6. Нанопотонний сенсорний пристрій для визначення бензо[а]пірену в об'єктах довкілля.

Доповідачі: студ. Сушко О.А.,
к.т.н. Галайченко О.М.,
проф. Рожицький М.М.

7. Расчет начальной толщины пленки идеальной жидкости при падении ее струи на плоскость.

Докладчики: инж. Фалько С.А.,
проф. Черняк Л.М.

8. Залежність питомого електричного опору освяченої і неосвяченої води від терміну їх зберігання.

Доповідач – зав. лаб., пошукач Хмаренко А.М.,
проф. Черняк Л.М.

9. Использование кватернионов при исследовании электронного охлаждения пучков частиц.

Докладчик – в.н.с. Кульментьев А.И.

10. Влияние технологических параметров получения покрытий из нитрида титана на их износостойкость.

Докладчик – стажер Махмуд А.М.,
Руководитель – доцент Кульментьева О.П.

11. Рентгеноструктурні дослідження мішаних оксидів TiO_2/MnO_x .

Доповідач – доцент Кшнякін В.С.

12. Моделювання спектрів RBS від багатокомпонентних плівкових структур з використанням сучасних програмних комплексів.

Доповідач – студ. Климов О.В.,
Керівник – асист. Курбатов Д.І.

13. Определение размеров эритроцитов методом дифракции лазерного луча.

Докладчики: студ. Лопатка Р.В.,
ст. преп. Захарова В.Н.

14. Закон распределения для времени опускания грузика, подвешенного к маятнику Обербека.

Докладчики: ст. преп. Витренко А.Н.,
студ. Доля О.А.,
студ. Шкурат Р.В.

15. Автоматизация розрахунку коефіцієнта дифузії домішків імплантованого ізотопу кисню в титановому сплаві.

Доповідачі: студ. Лохоня Ю.А.,
ст. викл. Колесник М.М.,
доцент Шендрик В.В.

СЕКЦІЯ № 3 «НАНОЕЛЕКТРОНІКА»

Голова секції – д.ф.-м.н., проф. Олемской О.І.
Секретар секції – асистент Мокренко О.А.

Початок: 21 квітня 2011 р., ауд. ЕТ 216, 11²⁵ – 15⁰⁰.

1. The application of the multifractal theory within quantum calculus.

Reporter – stud. Holovchenko A.I.
Supervisor – seniour teacher Borisyuk V.M.

2. Расчет геометрических параметров магнетронной распылительной системы для получения SiC-покрытий.

Докладчик – студ. Латышев В.М.
Руководитель – проф. Перекрестов В.И.

3. Самосборка поверхности конденсатов Si в условиях околоравновесной конденсации.

Докладчик – ассист. Мокренко А.А.

4. Моделирование роста ГЦК кристалла из газовой фазы.

Докладчик – студ. Спесивый А.С.
Руководитель – проф. Перекрестов В.И.

5. Получение нано- и микросистем при конденсации хрома вблизи фазового равновесия.

Докладчики: асп. Дешин В.Б.,
студ. Наталич В.В.
Руководитель – проф. Перекрестов В.И.

6. Топологія поверхні шарів Si та Cu, осаджених у накопичувальній іонно-плазмовій системі.

Доповідач – студ. Борисенко Н.О.
Керівник – доцент Космінська Ю.О.

7. Кінетика формування системи металевих кластерів при квазірівноважній конденсації.

Доповідач – студ. Борисенко О.О.
Керівники: доцент Космінська Ю.О.,
ст. викл. Корнющенко Г.С.

8. Вплив шуму на автоколивання нелінійної системи.

Доповідачі: студ. Дрозденко Д.О.,
асп. Давиденко Т.О.
Керівник – проф. Олемской О.І.

9. Мультифрактальний флуктуаційний аналіз зміни середньодобової температури за останні 120 років.

Доповідачі: студ. Передрий Є.А.,
асп. Багдасарян А.А.
Керівник – проф. Олемської О.І.

10. Переход в бистабильный режим квазиравновесной конденсации.

Докладчик – асп. Жиленко Т.И.
Руководители: проф. Олемської А.И.,
доцент Ющенко О.В.

11. Kinematics of nonextensive statistical systems.

Reporter – post-graduate student Badalyan A.Yu.
Supervisor: prof. Olemskoi A.I.,
associate prof. Yushchenko O.V.

12. Дослідження динаміки випромінювання квантових точок у рамках теорії середнього поля.

Доповідач – студ. Бровкіна Д.В.
Керівник – доцент Ющенко О.В.

13. Статистический анализ поведения ансамбля активных частиц с учетом флуктуаций управляющего параметра.

Докладчики: студ. Бондаренко М.Н.,
студ. Троцкая Д.С.
Руководитель – доцент Ющенко О.В.

14. Фрактальна вимірність тонких плівок нікелю.

Доповідач – студ. Наконечна І.С.
Керівники: ст. викл. Борисюк В.М.,
асист. Мокренко О.А.

15. Моделирование пространственных и волноводных характеристик периодических структур в многосвязных квазиоптических системах.

Докладчик – студ. Подопрыгора С.А.
Руководители: проф. Воробьев Г.С.,
ассист. Рыбалко А.А.

16. Общая методика моделирования пространственных волн в многосвязных квазиоптических системах.

Докладчик – студ. Рыбалко Ю.А.
Руководители: проф. Воробьев Г.С.,
ассист. Рыбалко А.А.

17. Поликапиллярная оптика как метод фокусировки рентгеновского излучения.

Докладчик – студ. Дрозденко Д.А.
Руководители: проф. Воробьев Г.С.,
ст. преп. Дрозденко А.А.

18. Метод конечных интегралов в задачах электромагнитного моделирования.

Докладчик – студ. Игнатенко Н.В.
Руководители: проф. Воробьев Г.С.,
ст. преп. Дрозденко А.А.,
асп. Барсук И.В.

19. Аналіз дисперсійного рівняння моделі підсилювача на об'ємних хвилях з врахуванням фокусуєчого магнітного поля.

Доповідачі: студ. Коробченко О.В.,
студ. Закалюжний І.М.
Керівник – доцент Кривець О.С.

20. Электродинамические свойства тонкопленочных структур со слоями из сверхпроводящих наноконкомпозитов.

Докладчик – доцент Головкина М.В.

21. Исследование периодической структуры со слоями магнитных полупроводников.

Докладчик – студ. Трегуб А.С.
Руководитель – доцент Головкина М.В.

22. Отражение от тонкопленочной структуры метаматериал-диэлектрик.

Докладчики: студ. Мустафин И.А.,
студ. Феопемптов Р.С.
Руководитель – доцент Головкина М.В.

23. Дефектный механизм порообразования фосфида индия.

Докладчик – студ. Гайчук А.С.
Руководитель – асп. Сичикова Я.О.

24. Методика отримання плівок нітриду індію.

Доповідач – студ. Гайчук А.С.
Керівник – проф. Кідалов В.В.,
асп. Сичікова Я.О.

25. Наближення світлової оптики при збудженні металодіелектричних структур планарним діелектричним хвилеводом.

Доповідачі: студ. Дорошенко Д.Ю.,
студ. Кузьменко В.М.
Керівник – доцент Рубан А.І.

26. Дослідження кореляційних ефектів у біологічних мережах.

Доповідач – студ. Петренко А.О.

Керівник – ст. викл. Борисюк В.М.

27. Численное моделирование дифракционно-черенковского излучения на металлодиэлектрических структурах.

Докладчик – студ. Дорошенко Д.Ю.

Руководитель – доцент Рубан А.И.

28. Полупроводниковые квантовые точки как эффективный элемент ФДТ.

Докладчик – асп. Березовская И.В.

Руководитель – проф. Рожицкий Н.Н.

СЕКЦІЯ № 4 **«ФІЗИЧНІ ОСНОВИ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ»**

Голова секції – д. ф.-м. н., проф. Проценко І.Ю.

Секретар секції – к.ф.-м.н., ст. викл. Великодний Д.В.

Початок: 19 квітня 2011 р., ауд. Ц 321, 13⁰⁰.

1. Субструктурні особливості плівок селеніду цинку, отриманих на неорієнтованих підкладках.

Доповідачі: студ. Покалюк Ю.І.,
асп. Іващенко М.М.,
с.н.с. Данильченко С.М.,
доцент Опанасюк Н.М.

2. Изучение композитных материалов на основе магнетита методом рентгеновской дифракции.

Докладчики: м.н.с. Кузнецов В.Н.,
м.н.с. Калинкевич О.В.,
с.н.с. Данильченко С.Н.,
чл.-корр. НАНУ Суходуб Л.Ф.

3. Розрахунок ансамбля точкових дефектів у монокристалах селеніду цинку.

Доповідачі: студ. Бересток Т.О.,
ст. викл. Косяк В.В.,
асп. Іващенко М.М.,
докторант Опанасюк Н.М.

4. Оптичні властивості плівок телуриду кадмію.

Доповідачі: студ. Коваль П.В.,
доцент Старіков В.В.,
ст. викл. Косяк В.В.,
доцент Опанасюк А.С.

5. Точкові дефекти у твердому розчині $Cd_{1-x}Zn_xTe$.

Доповідачі: студ. Конєва О.О.,
ст. викл. Косяк В.В.,
докторант Опанасюк А.С.

6. Системний підхід до аналізу фрактальних килимів.

Доповідачі: студ. Батрак К.С.,
студ. Пухляр О.П.
Керівник – доцент Кошовий Г.І.

7. Дослідження модуля Юнга багат шарових вуглецевих нанотрубок.

Доповідачі: асп. Ємельяненко В.В.,
доцент Проценко О.Б.

8. Математичні моделі розсіювання хвиль дофрактальними килимами.

Доповідачі: асп. Кошовий А.Г.,
студ. Сидоров С.М.
Керівник – доцент Кошовий Г.І.

9. Отражение от тонкопленочной структуры метаматериал-диэлектрик.

Докладчики: студ. Мустафин И.А.,
студ. Феопемптов Р.С.
Руководитель – доцент Головкина М.В.

10. Магніторезистивні властивості плівок Fe та мультишарів на їх основі.

Доповідачі: асп. Кондрахова Д.М.,
студ. Стеценко О.О.,
асист. Синашенко О.В.,
інж. Буряк І.І.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

11. Дослідження структурно-фазового стану плівкових систем на основі Fe та Gd.

Доповідач – асп. Воробйов С.І.
Керівник – проф. Черноус А.М.

12. Тензорезистивні властивості плівок Ag з тонким покриттям Cu.

Доповідач – асп. Федченко О.В.
Керівник – доцент Проценко С.І.

13. Апробація феноменологічної моделі електрофізичних властивостей плівкових гранульованих сплавів.

Доповідач – асп. Шабельник Ю.М.
Керівник – проф. Проценко І.Ю.

14. Диспергування тонких плівок кобальту на полімерній підкладці.

Доповідачі: студ. Булатов С.А.,
асп. Зленко В.О.

Керівник – доцент Проценко С.І.

15. Вплив шару a–Gd на тензорезистивні властивості тришарової плівкової системи Fe/a–Gd/Fe/П.

Доповідачі: студ. Хизь О.В.,
асп. Тищенко К.В.

16. Тензорезистивні властивості тонкоплівкових систем на основі Pd та a–Gd.

Доповідачі: студ. Макуха З.М.,
асп. Тищенко К.В.

17. Особливості магнітних властивостей тонких плівок на основі заліза і платини.

Доповідачі: студ. Метельова М.С.,
доцент Шпетний І.О.
проф. Непійко С.О.

18. Структурно-фазовий склад двошарових плівкових систем на основі Mo і Ni або Fe.

Доповідачі: асист. Бурик І.П.,
доцент Одноворець Л.В.

19. Механические свойства покрытия Al_2O_3/TiN после обработки электронным пучком.

Докладчик – стажер Махмуд А.М.,
Руководитель – доцент Одноворець Л.В.

СЕКЦІЯ № 5
«ЕЛЕКТРОННЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

Голова секції – к.ф.-м.н., доцент. Однодворець Л.В.

Секретар секції – аспірант Тищенко К.В.

Початок: 19 квітня 2011 р., ауд. Ц 325 б, 13⁰⁰.

1. Температурний коефіцієнт опору плівкових матеріалів на основі Fe і Ag.

Доповідачі: студ. Чернов С.В.,
асп. Пилипенко О.В.,
доцент Однодворець Л.В.

2. Програмне забезпечення для розпізнавання та аналізу дифракційних картин.

Доповідачі: студ. Костюк Д.М.,
асп. Федченко О.В.
Керівник – доцент Проценко С.І.

3. Фазовий склад і терморезистивні властивості приладових плівкових структур на основі Fe і Ge.

Доповідачі: студ. Шевченко А.В.,
асп. Власенко О.В.,
доцент Однодворець Л.В.

4. Вибір оптимального матеріалу для детекторів жорсткого випромінювання.

Доповідачі: студ. Коваль П.В.,
докторант Опанасюк А.С.

5. Дослідження фізичних характеристик оптоелектронних приладів за допомогою WEB - технологій.

Доповідачі: студ. Коломійченко А.В.,
доцент Опанасюк Н.М.

6. Застосування USB в автоматизації експериментів.

Доповідачі: студ. Римар Р.Ю.,
ст.викл. Великодний Д.В.

7. Электронная микроскопия в изучении биологических наноконпозитов.

Докладчики: асп. Станиславов А.С.,
м.н.с. Калинкевич О.В.,
к.ф.-м.н. Данильченко С.Н.,
чл.-корр. НАНУ Суходуб Л.Ф.

8. Особливості магнітоопору у спінвентильних структурах з СРР-геометрією на основі Со та Си

Доповідачі: асист. Демиденко М.Г.,
студ. Лавриненко О.В.,
студ. Луценко П.В.

Керівник – доцент Проценко С.І.

9. Легированная алмазная пленка как вырожденный полупроводник.

Дкладчик – асп. Семеней А.М.
Руководитель – проф. Рожицкий Н.Н.

10. Вплив температури на фізичні параметри біполярних транзисторів

Доповідач – студ. Машай М.Ю.,
Керівник – доцент Одноворець Л.В.

СЕКЦІЯ № 6
«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

Голова секції – к. т. н., доцент Лебединський І.Л.
Секретар секції – к.ф-м.н., старший викладач Косяк В.В.

Початок: 19 квітня 2011 р., ауд. ЕТ 228, 15⁰⁰.

1. Використання енергоефективних технологій при організації електропостачання житлових будинків.

Доповідачі: студ. Овчаренко Д.М.,
студ. Бондарєв В.А.,
Керівник – асист. Лебедка С.М.

2. Анализ режимов заземления нейтрали электрических сетей 6-10 кВ.

Докладчик – асист. Лебедка С.Н.

3. Класифікатор навантаження електропривода робочих машин.

Доповідачі: студ. Полосіна В.О.,
студ. Андрєєва Ю.М.,
доцент Муріков Д.В.,
доцент Василєга П.О.

4. Расчет напряженности электрического поля двухэлектродной системы.

Докладчики: студ. Титаренко А.В.,
студ. Панченко А.В.,
доцент Петровский М.В.

5. Тонкоплівкові гетеропереходи як складова частина сонячних перетворювачів та їх електрофізичні параметри.

Доповідач – ст. викл. Косяк В.В.

6. Прогнозування електричних навантажень підприємств з допомогою радіально-базисних нейронних мереж .

Доповідачі: доцент Ноздренков В.С.,
інженер Мошенський І.В.

7. Розробка лабораторної установки для бездротової передачі електроенергії.

Доповідачі: доцент Василега П.О.,
доцент Муріков Д.В.,
студ. Карпуша В.О.

8. Моделювання інтелектуальних електричних мереж.

Доповідачі: доцент Романовський В.І.,
студ. Овчаренко Д.М.

СЕКЦІЯ № 7 «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ТА ЗАСОБИ КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ»

Голова секції – д.т.н., проф. Борисенко О.А.

Секретар секції – к.т.н., доцент Новгородцев А.І.

Початок: 19 квітня 2011 р., ауд. ЕТ 226, 13²⁵

1. Применение программируемого контроллера в системе автоматизации.

Докладчик – студ. Герасимов С.С.
Руководитель – доцент Лопатченко Б.К.

2. Метод повышения скорости порождения последовательности перестановок.

Докладчики: студ. Рудько А.Н.,
асп. Горячев А.Е.
Руководитель – проф. Борисенко А.А.

3. Оптимальное кодирование информации на основе неравномерных биномиальных кодов.
Докладчик – студ. Маценко С.М.
Руководитель – проф. Борисенко А.А.
4. Эффективность использования энергии ветрогенераторов.
Докладчик – студ. Ефимов И.М.
Руководитель – доцент Новгородцев А.И.
5. Идентификация параметров нестационарных объектов.
Докладчик – студ. Шутилева О.В.
Руководитель – доцент Новгородцев А.И.
6. Построение компонентов цифровых устройств на основе матричных биномиальных чисел с проверкой на четность.
Докладчики: асп. Петров В.В.,
студ. Солярова Е.М.
Руководитель – проф. Борисенко А.А.
7. PLC-коммутатор для «умного дома».
Докладчик – студ. Гащенко Ю.А.
Руководители: доцент Бережная О.В.
ст. викл. Арбузов В.В.
8. Применение Java-апплета в системах АСКУЭ для обеспечения GPRS связи.
Докладчик – студ. Сливченко А.В.
Руководитель – ст. преп. Арбузов В.В.
9. Применение равновесных кодов в системах телемеханики.
Докладчики: – студ. Смык М.В.,
студ. Бережной А.И.
Руководитель – доцент Бережная О.В.
ст. преп. Арбузов В.В.

10. Свойство адаптивности равновесных и квазиравновесных кодов на основе биномиальных чисел

Докладчики: студ. Вовк Д.О.,
асп. Скордина Е.М.
Руководитель – доцент Кулик И.А.

11. Оцінка якісних характеристик звукового сигналу.

Доповідач – асп. Крючко Є.В.
Керівник – доцент Зубань Ю.А.

12. Один из способов повышения помехоустойчивости дешифратора.

Докладчик – асп. Гутенко Д.В.
Руководитель – проф. Борисенко А.А.

13. Компактное представления таблицы биномиальных коэффициентов.

Докладчик – студ. Вовк Д.А.
Руководитель – ассист. Костель С.В.

СЕКЦІЯ 1

«ТЕОРЕТИЧНА ФІЗИКА»

ЭФФЕКТ ВТЯГИВАНИЯ В БИАНИЗОТРОПНЫХ СЛОИСТЫХ СТРУКТУРАХ

Вытовтов К.А., *доцент*; Архипов А.Д., *аспирант*;

Сидоренко О.А., *магистр*

Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара

В работе исследуется тангенциальное распространение плоской гармонической волны вдоль слоистой бианизотропной структуры. Нами рассмотрены частные случаи оси бианизотропии перпендикулярной и параллельной слоям, а также общий случай произвольного направления этой оси. Также в работе исследованы особенности тангенциального распространения волны вдоль среды с потерями и без потерь.

Для исследования использованы аналитические методы – матрицы преобразования и матриц отражения и прохождения, которые являются наиболее физическими и распространенными для решения задач такого класса.

Данная работа является продолжением исследований, представленных в [1, 2]. В работе изучен эффект вытягивания, заключающийся в возможности возбуждения объемной волны в анизотропной (бианизотропной) структуре поверхностной волной, падающей из изотропной среды. Получено физическое и математическое обоснование рассмотренных явлений, как для частных случаев, так и для общего случая.

Рассмотрено практическое применения этого явления в невзаимных оптоэлектронных приборах, таких как вентиль, делитель мощности, сумматор сигналов и частотный детектор. Кроме того, невзаимные свойства структур основываются не на эффекте Фарадея [3], а на зависимости коэффициента прохождения от ориентации оси анизотропии.

1. К.А. Вытовтов, А.Д. Архипов, *Ж. нано- электрон. фіз.* 1 №4, 31 (2009).
2. К.А. Vytovtov, S.A. Volkova, Yu.S. Tarasenko, *Int. Conf. MMET-2010*, Kiev.
3. А.Л. Микаэлян, *Теория и применение ферритов на сверхвысоких частотах* (М.– Л.: Госэнергоиздат: 1963).

ФОРМИРОВАНИЕ УЛЬТРАКОРОТКИХ КЛАСТЕРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ МУЛЬТИГАРМОНИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИМИ ЛСЭ

Кулиш В.В.¹, *профессор*; Лысенко А.В., *доцент*;
Брусник А.Ю.¹, *аспирант*

¹Национальный авиационный университет, Киев

В работе проведен теоретический анализ физических процессов протекающих при формировании ультракоротких электромагнитных кластеров в устройствах, построенных на базе мультигармонических параметрических лазеров на свободных электронах (ЛСЭ).

Особенностью таких устройств является использование мультигармонических ондуляторов, в которых магнитное поле накачки имеет достаточно широкий мультигармонический спектр. Также на вход ЛСЭ подается мультигармонический электромагнитный сигнал. В результате взаимодействия полей сигнала и накачки в системе возбуждается мультигармоническая волна пространственного заряда (ВПЗ). Считаем, что в системе реализуется квазикомптоновский режим множественного параметрически-резонансного взаимодействия. Параметры системы подбираем таким образом, чтобы имело место усиление гармоник волн в результате трехволновых параметрических резонансных взаимодействий между соответствующими гармониками сигнала, накачки и волны ВПЗ.

Для проведения количественного анализа в качестве исходных выбираем систему уравнений Максвелла и релятивистское квазигидродинамическое уравнение движения пучка. Используем методы теории иерархических колебаний и волн. После довольно громоздких аналитических преобразований получаем систему укороченных уравнений для комплексных амплитуд гармоник полей в кубически-нелинейном приближении, которая описывает физические процессы в мультигармонических параметрических ЛСЭ.

Изучено два варианта формирования кластеров, которые различаются входным спектром мультигармонического электромагнитного сигнала. Таким образом, в работе продемонстрирована возможность формирования ультракоротких кластеров электромагнитного поля в системах типа мультигармонические параметрические лазеры на свободных электронах.

УСИЛЕНИЕ МУЛЬТИГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЛН ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА В СИСТЕМЕ С ПРОДОЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ОНДУЛЯТОРОМ

Кулиш В.В.¹, *профессор*; Лысенко А.В., *доцент*;
Брусник А.Ю.¹, *аспирант*

¹Национальный авиационный университет, Киев

В работе построена квадратично-нелинейная теория усиления мультигармонических волн пространственного заряда (ВПЗ) в системе с продольным электростатическим ондулятором (см. рис. 1), которая используется в качестве активной пролетной секции в лазерах на свободных электронах клистронного типа. Вдоль оси электростатического ондулятора движется предварительно промодулированный релятивистский электронный пучок 1. Этот пучок проходит продольное периодически реверсивное электрическое поле, которое создается электродами 2. Electroды 2 подключены к источникам высокого напряжения таким образом, что электрические поля 3 между любым электродом и его соседями справа и слева были направлены коллинеарно оси пучка и взаимно противоположно.

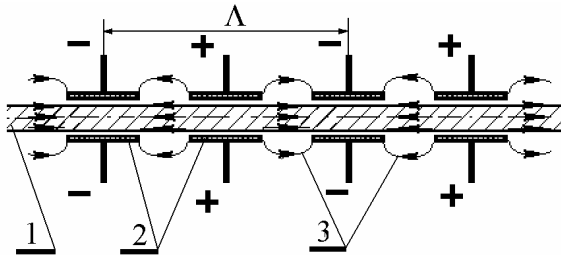


Рисунок 1 – Конструкция секции усиления волн ВПЗ.

Выяснено, что в исследуемой системе реализуются множественные трехволновые параметрические резонансы. Определены инкременты нарастания и получено, что как для основной, так и для высших гармоник волн ВПЗ они имеют одно и то же значение. Из проведенных оценок следует, что данная система может эффективно усиливать мультигармонические волны ВПЗ со сложным спектром без искажений.

УСИЛЕНИЕ ЦИКЛОТРОННЫХ ВОЛН В ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ СИСТЕМЕ, ПОМЕЩЕННОЙ В ПЕРИОДИЧЕСКИ РЕВЕРСИВНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Кулиш В.В.¹, профессор; Лысенко А.В., доцент;
Коваль В.В., ассистент; Герман Е.В., студент

¹Национальный авиационный университет, Киев

В работе в рамках квадратично-нелинейной теории проведен анализ эффекта супергетеродинного усиления циклотронных электромагнитных волн в плазменно-пучковой системе, помещенной в периодически реверсивное магнитное поле. В отличие от эффектов супергетеродинного усиления, рассмотренных ранее [1], здесь имеет место суперпозиция трех, а не двух, как ранее, механизмов усиления.

Рассматриваем следующую модель. Электронный релятивистский пучок проходит через плазму. Плазменно-пучковая система размещена в периодически реверсивном поперечном магнитном поле. Здесь также имеется продольное фокусирующее магнитное поле, направленное вдоль оси системы. На вход системы подаем циклотронную электромагнитную волну. В результате параметрического трехволнового резонанса между полями циклотронной волны и поперечного магнитного поля возбуждается волна пространственного заряда. Параметры системы выбираем так, что бы волна пространственного заряда характеризовалась максимальным инкрементом нарастания вследствие реализации плазма-пучковой неустойчивости. Также частоту циклотронной волны подбираем так, чтобы в системе имела место циклотронная неустойчивость. Таким образом, усиление циклотронной волны обеспечивается тремя механизмами: плазменно-пучковой, циклотронной и параметрической неустойчивостями.

В работе получено аналитическое выражение инкремента нарастания циклотронных электромагнитных волн. Проведен анализ инкремента нарастания для ряда частных случаев. Определены наиболее интересные с практической точки зрения режимы усиления.

1. V.V. Kulish, *Hierarchical methods: Undulative electrodynamic systems, Vol. II* (Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers: 2002).

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО РАЗБРОСА НА МНОЖЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НАРАСТАЮЩИХ ВОЛН В ДВУХПОТОКОВОМ ЭЛЕКТРОННОМ ПУЧКЕ

Кулиш В.В.¹, *профессор*; Лысенко А.В., *доцент*;
Ромбовский М.Ю., *ассистент*; СклЯров М.С., *студент*

¹Национальный авиационный университет, Киев

Экспоненциально нарастающие волны пространственного заряда возникают в двухпотоковом электронном пучке за счет эффекта двухпотоковой неустойчивости. Особенностью таких волн является линейность дисперсионных соотношений. Это значит, что в системе выполняются условия трехволнового параметрического резонанса для множества гармоник. Данную ситуацию трактуют как множественное параметрическое взаимодействие. Ранее такие мультигармонические взаимодействия были детально изучены для случая электронных пучков с нулевым эмиттансом.

В реальных пучках эмиттанс имеет конечное значение. Это вызвано, неупорядоченным разбросом скоростей электронов по всем трем степеням свободы. Данный разброс, в первую очередь, связан с их тепловым движением. И если продольная тепловая компонента скорости в релятивистском случае влияет достаточно слабо, то поперечные тепловые компоненты, проявляющие себя как дефокусирующий фактор, могут существенно влиять на поведение потока и, соответственно, на развитие двухпотоковой неустойчивости. Поэтому изучение влияния теплового разброса на множественные параметрические взаимодействия является актуальной задачей.

В качестве исходного использовали кинетическое уравнение Власова, применили метод усредненного кинетического уравнения. Получили дополнительные слагаемые к дисперсионному уравнению, которые, с одной стороны, приводят к уменьшению инкрементов нарастания исследуемых волн, а с другой – к нелинейной связи между волновым числом и частотой. Таким образом, число гармоник, которые участвуют во множественных параметрических взаимодействиях, становится ограниченным. Проведены оценки допустимого теплового разброса в двухпотоковых электронных пучках, при которых реализуются множественные параметрические взаимодействия. Показано, что влияние теплового разброса в релятивистских электронных пучках меньше, чем в нерелятивистских.

ДИНАМИКА ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОЧАСТИЦ В ЖИДКОСТИ

Лютый Т.В., доцент; Рева В.В., студент

Ферромагнитными жидкостями называют дисперсные структуры, которые содержат частички ферромагнитного материала, взвешенные в жидкости [1]. Такие объекты сочетают в себе одновременно свойства жидкости (текучесть, вязкость, поверхностное натяжение и т.д.), и свойства ферромагнетика (большая магнитная проницаемость, наличие внутреннего магнитного поля, управляемость с помощью внешнего магнитного поля). Указанное сочетание делает ферромагнитные жидкости чрезвычайно притягательными для всевозможных применений, спектр которых простирается от подачи ракетного топлива в условиях невесомости до адресной доставки лекарственных препаратов в организме человека [2] и методов сепарации макромолекул [2, 3].

В то же время, теоретическое описание таких систем является чрезвычайно сложной задачей. В случае приближения сплошной среды многие аспекты освещены в [1], однако в настоящее время все большую актуальность приобретают системы, свойства которых невозможно задать, не учитывая дисперсный характер. Поэтому целью данной работы является изучение динамики ферромагнитных наночастиц на основе микроскопического подхода, в рамках которого рассматриваются все факторы, действующие на магнитный момент наночастицы. В частности, учитывается дипольное взаимодействие: полагается, что j -ая наночастица в месте расположения i -ой создает дипольное поле

$$\mathbf{H}_i = \frac{3\mathbf{r}(\mathbf{m}_j \mathbf{r}) - r^2 \mathbf{m}_j}{r^5}, \quad (1)$$

где \mathbf{r} – радиус-вектор, соединяющий центры двух частиц, \mathbf{m}_j – величина магнитного момента. Это поле обуславливает как ориентирующее действие на \mathbf{m}_i , что выражается наличием момента $\mathbf{N}_i = \mathbf{H}_i \times \mathbf{m}_i$, так и действие, обуславливающее смещение в пространстве, что выражается силой $\mathbf{F}_i = (\mathbf{m}_i \cdot \nabla) \mathbf{H}_i$. В этом случае будут иметь место: 1) вращение наночастицы, 2) вращение магнитного момента, не связанное с механическим движением (описывается уравнением Ландау-Лифшица), и 3) дрейф наночастицы. В свою очередь, наличие дрейфа приведет к действию на частицы силы вязкого трения.

Решая численно полученную систему уравнений движения были получены временные зависимости координат и магнитных моментов двух наночастиц.

2. Р. Розенцвейг, *Феррогидродинамика* (М: Мир: 1989).
3. Q.A. Pankhurst, et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* **36**, R167 (2003).
4. B.J. Kim, et al., *Adv. Mater.* **22**, 57 (2010).

РЕЗОНАНСНОЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ НАМАГНИЧЕННОСТИ НАНОЧАСТИЦЫ ВО ВРАЩАЮЩЕМСЯ ПОЛЕ

Поляков А.Ю., *аспирант*; Люты́й Т.В., *доцент*;
Денисов С.И., *профессор*

Поиск различных методов управления намагниченностью ферромагнитной наночастицы является важной прикладной задачей, которая напрямую связана с улучшением характеристик современных магнитных накопителей. В частности, в настоящее время активно развивается идея о комбинированном действии обычного постоянного поля и некоторого дополнительного возмущения, которое позволяет существенно сократить время перемагничивания. Существуют два технологических решения этой проблемы. Первое, т.н. Thermal Assisted Switshing (TAS) [1] предполагает дополнительный нагрев наночастиц, тогда как в рамках второго, т.н. Microwave Assisted Switshing (MAS) [2], дополнительное возмущение привносится переменным магнитным полем. Однако, как показывают наши предыдущие исследования [3], переменное магнитное поле может осуществлять переключение магнитного момента наночастицы и самостоятельно.

В рамках настоящих исследований численно были получены зависимости времени переключения от частоты вращающегося поля. При этом особое внимание уделялось частотам, близким к резонансным, для которых времена переключения минимальны, однако возможна генерация неоднородного режима прецессии. Моделирование проводилось для двух случаев: 1) резкое включение теплового и вращающегося поля, что соответствует процессу переключения намагниченности при MAS; 2) резкое включение теплового шума для устоявшейся прецессии, что соответствует процессу переключения намагниченности при TAS. Были исследованы времена переключения как через однородный, так и через неоднородный режимы. Показано, что частотные зависимости времени переключения имеют резонансный характер.

1. R.E. Rottmayer et al., *IEEE Trans. Magn.* **42**, 2417 (2006).
2. J.-G. Zhu, X. Zhu, Y. Tang, *IEEE Trans. Magn.* **44**, 125 (2008).
3. S.I. Denisov, T.V. Lyuty, P. Hanggi, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 227202 (2006).

**NEW ASYMPTOTIC SOLUTIONS OF THE UNBIASED
CONTINUOUS-TIME RANDOM WALKS**Denisov S.I., *professor*; Bystrik Yu.S., *student*

Asymptotic solutions of the continuous-time random walks (CTRWs), i.e., properly scaled probability densities of the walker's position at long times, are important statistical characteristics of these walks. They have been found for the CTRWs characterized by different distributions of waiting times and jump magnitudes, including heavy-tailed distributions whose first and/or second moments are infinite. There also exists a class of *superheavy-tailed* distributions that do not have finite moments of an arbitrary (fractional) order. These distributions are useful for modeling, e.g., randomly interrupted processes [1,2] and superslow diffusion [3].

The asymptotic solutions for both biased and unbiased CTRWs described by the superheavy-tailed distribution of waiting times and the jump distribution with *finite* second moment have been recently derived in Ref. [4]. The aim of this talk is to present a new class of asymptotic solutions related to the unbiased CTRWs with superheavy-tailed distribution of waiting times and power-law distribution of jump magnitudes characterized by *infinite* second moment. Using the Montroll-Weiss equation in the Fourier-Laplace space and the Tauberian theorem for the Laplace transform, we show that the desired class consists of the symmetric functions which can be represented in the form

$$P_{\alpha}(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} dy \frac{\cos xy}{1 + y^{\alpha}} \quad (1)$$

($0 < \alpha \leq 2$). We prove that these functions are positive and normalized, i.e., they are in fact probability densities, derive the asymptotic formulas at $x \rightarrow 0$ and $x \rightarrow \infty$, and numerically investigate the dependence of these functions on the variable x and parameter α .

1. S.I. Denisov, H. Kantz, P. Hänggi, *J. Phys. A: Math. Theor.* **43**, 285004 (2010).
2. S.I. Denisov, H. Kantz, *Eur. Phys. J. B* (2011) [arXiv: 1101.2466].
3. S.I. Denisov, H. Kantz, *Europhys. Lett.* **92**, 30001 (2010).
4. S.I. Denisov, H. Kantz, arXiv: 1102.2590.

SUPERSLOW BIASED DIFFUSION IN A RANDOM POTENTIAL

Denisova E.S., *associate professor*; Denisova L.A., *lecturer*

Superslow diffusion, i.e., diffusion of objects (particles) whose mean-square displacement or variance grows slower than any power of time, has been predicted in a number of systems. The so-called Sinai diffusion [1] represents the first and best known example of this type of diffusion. Other examples come from resistor networks, continuous-time random walks (CTRWs), charged polymers, iterated maps, two-dimensional lattices, etc. The common feature of all these examples is that the laws of superslow diffusion, or in other words the long-time behavior of the variance $\sigma^2(t)$, are given by a power function of the logarithm of time:

$$\sigma^2(t) \propto \ln^\nu t \quad (1)$$

($t \rightarrow \infty$, $\nu > 0$). An important question in this respect is if there exist laws of superslow diffusion that differ from (1). The answer is positive: It has been recently shown within the decoupled CTRW [2, 3] that if the exceedance probability, i.e., the probability that the waiting time exceeds t , varies slowly at infinity then the corresponding laws of superslow diffusion form a broad class of slowly varying functions. Thus, the search for physical systems exhibiting superslow diffusion that does not follow the diffusion law (1) is a problem of current interest.

In this talk, we report on the solution of the above problem for particles moving under a constant force in a piecewise linear random potential. It is shown that, in addition to other types of anomalous biased diffusion considered in Ref. [4], in this case the superslow biased diffusion can also exist. We formulate conditions for this type of diffusion, establish the connection between the distribution of times that a particle spends moving with a constant velocity and the distribution of slopes of the potential, and derive the laws of superslow biased diffusion. Finally, the dependence of the variance growth on the slope distribution is analyzed in detail.

1. Ya.G. Sinai, *Theory Probab. Appl.* **27**, 256 (1982).
2. S.I. Denisov, H. Kantz, *Europhys. Lett.* **92**, 30001 (2010).
3. S.I. Denisov, H. Kantz, arXiv: 1102.2590.
5. S.I. Denisov, E.S. Denisova, H. Kantz, *Eur. Phys. J. B* **76**, 1 (2010).

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ЧИСЛЕННОГО ИТЕРИРОВАНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ В ХАОТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Витренко А.Н., *ст. преп.*; Рудик А.В., *студент*

Нелинейные динамические системы, а именно: маятники с периодическим возбуждением, текущие или подогреваемые снизу жидкости, Солнечная система, бильярды Синая, лазеры, химические реакции, биологические популяции, и др. – могут демонстрировать хаотическое поведение [1]. Оно вызвано экспоненциально быстрой расходимостью изначально близких траекторий в ограниченном фазовом объеме. Конечная точность измерений, приводящая к погрешностям в начальных условиях, делает практически невозможным длительное прогнозирование хаотического поведения.

При исследовании хаотических динамических систем численными методами начальные условия могут быть заданы точно (например, для конечных двоичных дробей), но численный счет содержит ошибки округлений. Представляет интерес для численного эксперимента оценить границу предсказуемости хаотического поведения системы. Как известно из [2], если мантисса двоичного числа N , то для хаотической траектории начальные условия полностью забываются примерно через N итераций. Цель нашей работы – проиллюстрировать данное утверждение на конкретном примере.

Рассматривается логистическое отображение, описывающее динамику численности биологической популяции. Для частного случая этой системы известно точное решение (см., например, [3]). Численный эксперимент проводится в среде Delphi 7. Поочередно используются типы действительных чисел: Single, Double, Extended, для которых двоичная мантисса равна 23, 52, 64, соответственно. Сравнение численных и точных значений отображения для заданного начального условия показывает, что с относительной погрешностью не более 5% выполняется 25, 55, 60 итераций, соответственно.

1. С.П. Кузнецов, *Динамический хаос* (М.: Физматлит: 2001).
2. А. Лихтенберг, М. Либерман, *Регулярная и стохастическая динамика* (Череповец: Меркурий-ПРЕСС: 2000).
3. W.-H. Steeb et al., *The Nonlinear workbook* (World Scientific: 2008).

СЕКЦІЯ 2

«ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ФІЗИКА»

ЕЛЕКТРОННО-КОЛИВАЛЬНА ВЗАЄМОДІЯ В МОЛЕКУЛАХ РЕЗАЗУРИНУ

Сакун Т.М.¹, *аспірант*; Кондратенко П.О.¹, *професор*;
Лопаткін Ю.М., *професор*

¹ Національний авіаційний університет, м. Київ

Резазурин є перспективною сполукою широкого призначення, зокрема як робоча речовина лазера на барвниках, сенсibilізатор світлочутливості фотографічних матеріалів, матеріал для оптичного запису інформації.

Крім того, він є перспективною модельною речовиною для дослідження процесів релаксації молекул з високозбудженого стану, фотогенерації носіїв заряду в твердих полімерних розчинах, фотохімічних перетвореннях при використанні світла з видимої та УФ областей тощо.

У зв'язку з викладеним важливо отримати детальну інформацію про природу смуг поглинання у видимій, ультрафіолетовій та інфрачервоній областях спектра, а також про електронно-коливальну взаємодію в молекулах резазурину.

На підставі результатів, отриманих при проведенні експериментальних і теоретичних досліджень спектрів поглинання резазурину у видимій, УФ та інфрачервоній областях, показано, що спектр поглинання в області 670-470 нм формується одним електронним переходом між верхньою зайнятою та нижньою вільною молекулярними орбіталями, а також коливальними повтореннями за участю повносиметричних коливань молекули резазурину.

Комплекс експериментальних та квантово-хімічних досліджень дозволив повністю ідентифікувати спектр поглинання резазурину у видимій та УФ областях. При цьому розраховані сили осцилятора, величини яких узгоджуються з експериментальними даними, та поляризація дипольних моментів квантових переходів.

Показано, що спектр поглинання резазурину в ІЧ області містить 22 повносиметричні коливальні частоти, частина яких має змогу вступати в електронно-коливальну взаємодію при формуванні спектрів поглинання у видимій та УФ областях.

**КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ
ОБРАЗОВАНИЯ СГУСТКОВ Ag, СОЗДАНЫХ ЛАЗЕРНЫМ
СВЕТОМ НА ПОВЕРХНОСТИ МИКРОКРИСТАЛЛОВ AgBr,
ПРИ НОРМАЛЬНОМ ЛАЗЕРНОМ ЭФФЕКТЕ ГЕРШЕЛЯ**

Лопаткин Ю.М., *профессор*; Пивень А.Б.¹, *ассистент*;
Пивень О.Б.¹, *доцент*

¹ Черкасский государственный технологический университет

При экспонировании микрокристаллов (МК) *AgBr* фотослоя СП-1 (чув. 6 ед.) лазерным светом $\lambda = 440$ нм ($t_{\text{эксп}} = 0,5$ с) и повторно, до проявления фотослоя, лазерным ($\lambda = 850$ нм, $P = 4$ Вт в импульсе $\tau = 2 \cdot 10^{-7}$ с) излучением с суммарной экспозицией импульсов 0,036 с; 0,072 с; 0,144 с; 0,216 с; 0,288 с; 0,504 с был получен нормальный лазерный эффект Гершеля (ЭГ).

Цель настоящей работы – компьютерное исследование кинетики образования сгустков *Ag* при нормальном лазерном ЭГ.

Обсуждается кинетика образования объема сгустков серебра, количества ионов серебра N_i , количества атомов серебра N_a в сгустке, количества дырок N_d и фотоэлектронов N_e при различных значениях суммарной экспозиции импульсов лазерным светом с $\lambda = 850$ нм. Показано, что объем сгустков серебра увеличивается от $1,9 \cdot 10^{-22}$ м³ до $4,1 \cdot 10^{-22}$ м³, количество атомов *Ag* в сгустке увеличивается от $1,8 \cdot 10^{28}$ м⁻³ до $4,1 \cdot 10^{28}$ м⁻³.

Обсуждается причина обнаруженного уменьшения концентрации ионов Ag^+ в сгустке от $6,34 \cdot 10^{27}$ м⁻³ до $8,8 \cdot 10^{24}$ м⁻³ в другой серии опытов при использовании излучения лазеров с $\lambda_1 = 1060$ нм, $P_1 = 10$ мВт и $\lambda_2 = 1150$ нм, $P_2 = 10$ мВт.

Построены характеристические кривые для нормального лазерного ЭГ для указанных экспозиций ИК света.

Рассчитан минимальный по объему сгусток серебра и время, за которое он образовался.

Энергия кристаллизации сгустков *Ag* для $t = 0,5$ с инфракрасным лазерным светом по порядку величины равна 10^{-8} Дж для нормального лазерного ЭГ, что значительно больше, чем при положительном лазерном ЭГ, где она по порядку величины равна $8 \cdot 10^{-13}$ Дж.

МЕХАНИЗМ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО ЗАТВОРА НА ОСНОВЕ СПИРОПИРАНА

Дмитриев А.В., *аспирант*; Кондратенко П.А.¹, *профессор*;
Лопаткин Ю.М., *профессор*;

¹ Национальный авиационный университет, г. Киев

В данной работе подтверждается, что фотохимические свойства спиропиранов во многом обусловлены тем, что уже в основном состоянии разрываема при фотовозбуждении связь $C_{\text{спиро}}-O$ ослаблена. Кроме того, с использованием полуэмпирических методов проведены расчёты потенциальной поверхности спиропирана при конформационных преобразованиях молекулы.

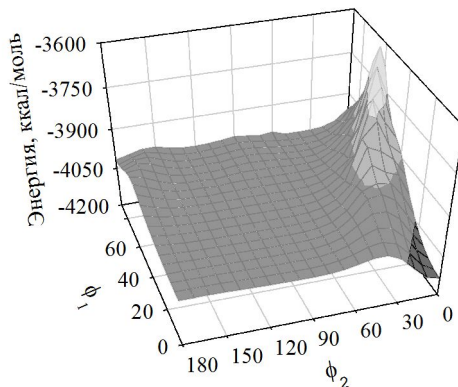


Рисунок 1 – Потенциальная поверхность молекулы спиропирана при конформационных преобразованиях

Прослежена траектория процесса перехода между двумя стабильными состояниями. Получены значения энергии переходов между состояниями и соответствующих длин волн, активирующих эти переходы. Свойство спиропиранов совершать под действием фотонов обратимые переходы между двумя стабильными состояниями может оказаться полезным также для молекулоники, где они могут выступать в роли переключателей. На основании полученных результатов предлагается фактически механизм переключения молекулярного затвора на основе молекулы спиропирана.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА БАРЬЕР ВНУТРЕННЕГО ВРАЩЕНИЯ МОЛЕКУЛ НА ОСНОВЕ ДИФЕНИЛА

Дмитриев А.В., *аспирант*; Голубев А.Ю., *студент*;
Лопаткин Ю.М., *профессор*; Кондратенко П.А.¹, *профессор*

¹ Национальный авиационный университет, г. Киев

В работе предложены и исследованы молекулярные структуры на основе некоторых замещенных молекул дифенила. Изучено влияние электрического поля E на барьер внутреннего вращения молекулы, на энергию молекулы (рис. 1), а также на величину угла свободного колебания и перераспределение зарядов (табл. 1).

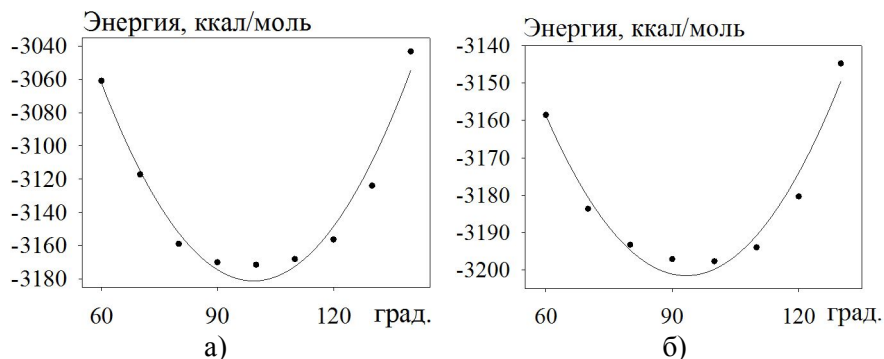


Рисунок 1 – Энергия молекулы 2-нитро-6-амино-фенил в зависимости от угла поворота колец без поля (а), в электрическом поле 5,1 В/нм (б)

Таблица 1– Результаты расчётов.

E , В/нм	W_{\min} , эВ	φ_{\min} , град.	$\Delta\varphi$, град.	DM, Дебай
0	-137,96	99,40	5,76	4,64
5,14	-138,83	95,04	13,45	11,62

Из таблицы видно, что электрическое поле усиливает свободные колебания молекулы и дипольный момент, одновременно сдвигая минимум энергии ближе к более стабильной конформации при угле между кольцами в 90° . Наличие дипольного момента позволяет использовать внешнее электрическое поле для управления переносом заряда через молекулу.

КИНЕТИКА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ АТОМОВ ПО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ КОНДЕНСАЦИИ МОНОАТОМНОГО СЛОЯ

Долгов А.С., *доцент*; Лорент А.Л., *аспирант*
Национальный Аэрокосмический Университет им. Н.Е. Жуковского
«ХАИ», г. Харьков

Теоретически изучаются особенности осаждения атомов на поверхность. Предполагается, что условия осаждения обеспечивают формирование только одного слоя. Основное внимание обращается на особенности микрораспределений в пределах монослоя и ожидаемое влияние этих особенностей на наблюдаемые свойства поверхности.

Изучается перераспределение атомов в двумерном слое, что наиболее адекватно свойствам пленки как поверхностного образования. Описывается установившийся режим, где взаимовлияние атомов ограничивается ближайшим соседством, причем направления входа в позицию ближайшего соседства или выхода из нее сами по себе не влияют на вероятности переходов. Определены закономерности формирования среднего уровня заполнения позиций на поверхности в зависимости от интенсивности бомбардировки и характеристик структуры.

При рассмотрении наиболее показательных и специальных случаев выявлено, что при отсутствии влияния близких атомов степень заполнения растет с увеличением интенсивности бомбардировки, что совпадает с предсказаниями простейших концепций. Однако варьирование главных параметров: температуры и энергии взаимодействия создает ряд дополнительных особенностей характера осаждения. В частности возможно размещение осаждающихся атомов со специальными формами упорядочения. Сопоставление результатов данной работы с одномерным вариантом, показывает единство качественных тенденций.

Выявлены условия реализации разных форм заполнения поверхности: разреженная пленка, сплошное покрытие, пятнистая и мозаичная структуры. Обсуждаются возможности практического использования полученной информации.

НАНОФОТОННИЙ СЕНСОРНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ БЕНЗО[А]ПІРЕНУ В ОБ'ЄКТАХ ДОВКІЛЛЯ

Сушко О.А., *студент*; Галайченко О.М., *кандидат технічних наук*;
Рожицький М.М., *професор*
Харківський університет радіоелектроніки, м. Харків

Бензо[а]пірен представляє собою одну з найнебезпечніших канцерогенних речовин, яку відносять до групи поліароматичних вуглеводнів [1]. У даній роботі для визначення бензо[а]пірену в об'єктах довкілля пропонується використовувати нанофотонний сенсорний пристрій. Основу комірки – сенсора складають два електроди: робочий диск і допоміжний електрод-кільце. Дані електроди можуть бути виконані з різних матеріалів, дуже перспективним є використання скловуглеця з модифікованою поверхнею алмазоподібних плівками і/або плівками Ленгмюра-Блоджетт, що містять шари/шар квантових точок (КТ).

Реєстрація оптичного випромінювання, що виникає в процесі електролізу розчину здійснюється модулем фотоелектронного помножувача. Для прокачування розчину через сенсор використовується система каналів. Через центральний канал здійснюється введення проби, а через бічні канали здійснюється відведення розчину з робочої зони сенсора. Таким чином, потік має радіальний характер. Швидкість прокачування підбирається таким чином, щоб була відсутня турбуленція, а потік був ламінарним. Це дозволяє реалізувати конвекцію в системі еквівалентну методикою обертового диска з кільцем, що є однією з найбільш ефективних в електрохімічних методах аналізу [2]. При протіканні реакції КТ з аналітом (бензо[а]піреном), відбувається їх збудження з подальшим переходом в основний стан і випромінюванням квантів ЕХЛ-аналітичного сигналу, і дозволяє визначати наявність аналіту. Перевагами використання КТ у цьому пристрої є простота технології, чутливість КТ, подібні реакції досить селективні. Дана робота була виконана при підтримці міжнародних проектів УНТЦ 4495, 5067.

1. Н.В. Лазарев, *Органические вещества* (С.-П.: Химия: 1971).
2. Н.Н. Рожицкий, А.И. Бых, *Электрохимическая люминесценция* (Харьков: ХТУРЭ: 2000).

РАСЧЕТ НАЧАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ПЛЕНКИ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ПАДЕНИИ ЕЕ СТРУИ НА ПЛОСКОСТЬ

Черняк Л.М., профессор; ¹Фалько С.А., инженер;
¹Шосткинский институт СумДУ

Для расчета параметров движения потоков жидкости на вращающихся лопастях [1] необходимо знать начальные условия движения жидкости в момент соприкосновения струи с плоской лопастью.

В работе приводятся результаты таких расчетов.

Получены в обобщенном виде выражения для нахождения зависимости начальной толщины жидкой пленки от объемного расхода жидкости при произвольном угле падения струи на плоскость пластины:

$$h_{x+} = \frac{2Q}{4v_s D_s} (1 + \cos \alpha) = \frac{Q}{2v_s D_s} (1 + \cos \alpha),$$

$$h_{x-} = \frac{2Q}{4v_s D_s} (1 - \cos \alpha) = \frac{Q}{2v_s D_s} (1 - \cos \alpha),$$

$$h_{y+} = h_{y-} = \frac{2Q}{4v_s D_s} \left(1 + \cos \frac{\pi}{2}\right) = \frac{Q}{2v_s D_s}.$$

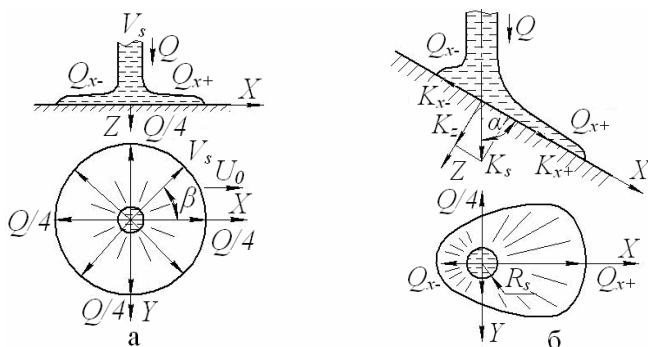


Рисунок – Схема распределения потоков жидкости: на плоскостях, расположенных нормально (а) к оси струи и под углом α (б).

1. Г.Л. Звягинцев, Э.А Карпович, В.В. Стрельцов, Л.М. Черняк, *Известия ВУЗов. Химия и хим. технология* **25**, 114 (1981).

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПИТОМОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ОСВЯЧЕНОЇ І НЕОСВЯЧЕНОЇ ВОДИ ВІД ТЕРМІНУ ЇХ ЗБЕРІГАННЯ

Черняк Л.М., *професор*; Хмаренко А.М., *зав. лаб, пошукач*

Результати досліджень говорять про вплив на життєву активність людського організму при вживанні для пиття так званої освяченої води.

В цій роботі на основі запропонованої нами оригінальної методики [1] приводяться результати порівняльних досліджень електричного питомого опору звичайної питної води з такими ж характеристиками освяченої води.

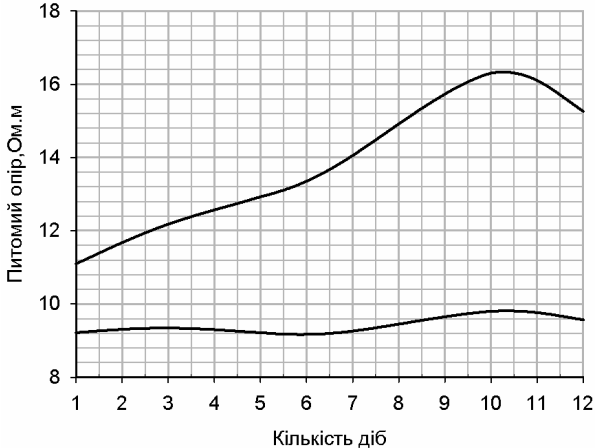


Рисунок 1 – Графіки залежності питомого електричного опору від часу зберігання неосвяченої (нижн. графік) і освяченої питної води.

Суттєва відмінність у поведінці питомих опорів неосвяченої і освяченої питної води вказує на те, що в освяченій воді справді відбуваються якісь невліпові (на перший погляд!) зміни однієї з фізичних характеристик рідинного стану – питомого електричного опору. Такі причини, як бачимо, існують і їх треба вивчити при подальших дослідженнях.

1. Л.М. Черняк, Ю.А. Зимак, А.М. Хмаренко, *Восточно-Европейский журнал передовых технологий* **46** №4/5, 12 (2010).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАТЕРНИОНОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПУЧКОВ ЧАСТИЦ

Кульментьев А.И., *в.н.с.*

Институт прикладной физики НАНУ, Сумы

На ускорителях в экспериментах с неподвижными мишенями энергия частиц пучка превращается в основном в энергию совместного движения продуктов реакции, и лишь незначительная ее часть переходит в энергию рождающихся частиц. Поэтому образование новых частиц с большими массами возможно лишь в экспериментах с встречными пучками, в которых удастся использовать всю энергию начального движения сталкивающихся частиц.

В таких экспериментах очень важно, чтобы приготавливаемые пучки были монохроматическими и хорошо коллимированными, т.е. в системе отсчета, движущейся со средней скоростью частиц пучка они должны иметь узкое распределение по скоростям вблизи нулевого значения. При выполнении этого условия говорят, что пучок имеет низкую температуру.

В последнее время для приготовления пучков тяжелых заряженных частиц широко используется метод электронного охлаждения [1]. В этом методе в одном из прямолинейных промежутков накопителя параллельно пучку тяжелых частиц пропускается интенсивный пучок электронов с той же средней скоростью и малым разбросом по импульсам. На общем участке траектории "горячий" газ тяжелых частиц оказывается в "холодном" электронном газе и в результате кулоновских столкновений охлаждается. При этом обычно различают два процесса: однократные столкновения, которые приводят к охлаждению, и многократные, вызывающие нагревание газа частиц. При теоретическом описании эти противоположные процессы рассматриваются по отдельности, что связано с отсутствием теории, позволяющий обобщить формализм однократного рассеяния на случай нескольких последовательных столкновений.

В данной работе предлагается для разработки подобного обобщения использовать гиперкомплексные числа – кватернионы. В случае сферически симметричного потенциала отдельное столкновение в определенном смысле сводится к повороту вектора скорости частицы в орбитальной плоскости на угол рассеяния.

Поэтому для описания нескольких последовательных столкновений необходим формализм, в котором можно эффективно складывать отдельные подобные повороты.

По определению, кватернионы образуют 4-мерную алгебру над полем действительных чисел [2]. Эта единственная ассоциативная некоммутативная алгебра над R без делителей нуля. В кватернионе можно выделить скалярную и векторную части, причем умножение кватернионов объединяет в себя два вида умножения векторов (скалярное и векторное).

Можно показать, что при повороте вокруг оси \mathbf{p} на угол 2φ произвольный вектор \mathbf{v} переходит в вектор $\mathbf{q}\mathbf{v}\mathbf{q}^{-1}$, где кватернион \mathbf{q} имеет вид $\mathbf{q} = \cos\varphi + \mathbf{p}\sin\varphi$. Поэтому, если производится два поворота: первый на угол $2\varphi_1$ вокруг оси, характеризуемой единичным вектором \mathbf{p}_1 , и затем второй – на угол $2\varphi_2$ вокруг оси, характеризуемой вектором \mathbf{p}_2 , то в итоге получается некоторый новый поворот. Используя кватернионы можно сравнительно просто найти ось \mathbf{p} и угол 2ψ результирующего поворота: $\mathbf{q}_2\mathbf{q}_1 = \cos\psi + \mathbf{p}\sin\psi$.

По аналогии со случаем однократного рассеяния в данной работе введено представление об обобщенном кинематическом множителе для частицы, испытавшей два последовательных упругих столкновения, разработан формализм и создано необходимое программное обеспечение. В рамках предложенного подхода исследованы характерные особенности кинематического множителя. В частности, показано, что в эксперименте, в котором фиксированы направления движения падающей и двукратно рассеянной частицы, существует интервал возможных значений энергии такой частицы. Установлено, что экстремальные значения энергии имеют частицы, испытывающие оба акта рассеяния в одной и той же орбитальной плоскости.

1. H. Poth, *Phys. Rep.* **196**, 137 (1990).
2. И.Л. Кантор, А.С. Солодовников, *Гиперкомплексные числа* (М.: Наука: 1973).

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ НИТРИДА ТИТАНА НА ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Махмуд А.М., *стажер*

Покрyтия получали в вакуумно-дуговой установке БУЛАТ-6 при давлении азота $10^{-3} - 3 \cdot 10^{-2}$ Па, токе дуги 85 А, напряжении смещения на образцах $U_n = 25, 70, 150, 200$ и 230 В, в режиме непрерывного и импульсного осаждения. Расстояние от рабочей поверхности катода до образцов составляло 250 мм. Температура подложки изменялась от 130 до 360°C. Температура осаждения контролировалась с точностью $\pm 5^\circ\text{C}$. В качестве подложек использовались полированные пятаки из нержавеющей стали 12X18H10T. Предварительная очистка поверхности осуществлялась путем бомбардировки ионами титана при приложенном постоянном потенциале смещения 1 кВ в течение 5 мин. Полученные TiN покрyтия имели толщину 5 мкм.

Образцы испытывались на износостойкость на машине трения СМЦ-1 по схеме “плоскость – цилиндр” с использованием технического вазелина. Образцы в процессе испытаний оставались в узле трения. Ширину канавки и ее длину в зоне износа измеряли с помощью микроскопа Бринеля с точностью $\pm 0,05$ мм.

В результате проведения триботехнических испытаний методом объемного износа были получены кривые зависимости изменения размера площадки износа, объемного износа от времени, количества оборотов контртела и длины пути, пройденного контртелом. Проведенные испытания на износостойкость показали следующие результаты. Нанесение покрyтий существенно снизило объемный износ образцов. Унос материала подложки носит катастрофический характер уже при первых 1000 оборотов контртела. Все покрyтия, полученные как при непрерывном, так и при импульсном осаждении, этой стадии не достигали до самого конца испытаний. При базовых испытаниях на 10000 оборотов ни одно из покрyтий не протерлось и не обнажило подложку. Унос материала покрyтий, осажденных в импульсном режиме, в 1,5 ... 2 раза меньше, чем покрyтий, полученных при непрерывном осаждении.

Руководитель: Кульментьева О.П., *доцент*

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІШАНИХ ОКСИДІВ TiO_2/MnO_x

Кшнякін В.С., доцент

Сумський державний педагогічний університет ім. А.С.Макаренка

Діоксид титану має ряд цікавих оптичних властивостей в ультрафіолетовому діапазоні, що дозволяє застосовувати його у фотокатализі, сонячних елементах, сенсорах і для фотонних кристалів. З метою покращення фотоактивності та розширення робочого діапазону цього матеріалу у видиму ділянку спектру застосовують допування TiO_2 різними елементами [1]. Інтерес викликають мішані оксиди TiO_2/MnO_x на основі оксидів марганцю різного складу, властивості яких залежать від методики синтезу та їх хімічного складу.

В роботі представлено результати рентгеноструктурних досліджень вперше синтезованих титано-марганцевих мішаних оксидів (ТМО) з різним вмістом Mn ($8 \div 16$ % ат.). Зразки ТМО були синтезовані хімічним осадженням гідроксиду марганцю на полікристалічні частинки чистого TiO_2 (рутилу чи анатазу) з подальшою термічною обробкою зразків при температурах – 300, 850, 900 та 1000 °С. Для порівняння було синтезовано та досліджено чисті зразки рутилу та анатазу, а також анатазу та рутилу, модифікованих іонами Mn^{2+} .

Рентгенограми одержували на дифрактометрі ДРОН-2 в $Cu_{K\alpha}$ випромінюванні в однакових для всіх зразків умовах. Кількісний фазовий аналіз проводили з урахуванням сумарної інтенсивності всіх дифракційних ліній. Крім того, було досліджено розміри блоків когерентного розсіювання в синтезованих речовинах. Для цього певні лінії першого та другого порядків від зразків та еталону одержували в дискретному режимі. При визначенні фізичного уширення користувалися наближенням Коші, а розміри блоків мозаїки розраховували за формулою Шеррера [2]. Результати досліджень приведені в таблиці 1 [3].

Як свідчать дані XRD аналізу, зразок An/Mn (синтезований на основі анатазу та термічно оброблений при 300 °С протягом 8 годин) складається лише з однієї фази – анатазу, тоді як зразок R/Mn ,

отриманий шляхом прожарювання An/Mn при 900°C протягом 2 годин, поруч з рутилом, містить також до 10 % остаточного анатазу.

Таблиця 1 – Хімічний склад і характеристика зразків.

Зразок	T, °C	Вміст Mn % ат.	Фазовий склад, % ваг.	Розмір блоків, нм (D_{hkl})	
Чистий TiO ₂					
An	300	0	Анатаз	100	13,3 (101)
R	300	0	Рутил	100	20,8 (110)
адсорбція Mn ²⁺ на TiO ₂					
An/Mn	300	1,0	Анатаз	100	15,4 (101)
R/Mn	900	1,0	Анатаз	10,2	70,8 (101)
			Рутил	89,8	40,3 (110)
осадження гідроксиду Mn на анатазі					
ТМО-1	850	13,4	Анатаз	54,6	42,2 (101)
			Рутил	35,6	51,7 (110)
			Mn ₂ O ₃	9,7	44,8 (222)
осадження гідроксиду Mn на рутилі					
ТМО-2	900	15,6	Рутил	85,7	120,8 (110)
			Mn ₂ O ₃	12,1	36,0 (222)
			MnTiO ₃	2,2	32,6 (104)
ТМО-3	1000	13,4	Рутил	86,0	62,6 (110)
			MnTiO ₃	14,0	39,9 (104)

На відміну від чистого анатазу, який після прожарювання при 850 °C протягом 2 годин повністю перетворюється на рутил, зразок ТМО-1 після термообробки при 850 °C містить до 54,6 % анатазу. Ці факти свідчать про значний вплив іонів Mn на пригнічення фазового перетворення анатазу у рутил.

1. A. Fujishima, X. Zhang, D.A. Tryk, *Surf. Sci. Rep.* **63**, 515 (2008).
2. Я.С. Уманский, Ю.А. Скаков и др., *Кристаллография, рентгенография и электр. микроскопия* (М.: Металлургия: 1982).
3. Л. Кернажицкий, В. Шимановская, Т. Гаврилко, Г. Пучковская, В. Наумов, Т. Халыкка, В. Кшнякин, В. Черняк, Я. Баран, *Ж. нано-електрон. физ.* **2**, 35 (2010).

МОДЕЛЮВАННЯ СПЕКТРІВ RBS ВІД БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПЛІВКОВИХ СТРУКТУР З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ

Климов О.В., *студент*

Метод резерфордівського зворотного розсіювання (RBS) є унікальним методом неруйнівного контролю поверхні. Залежність енергії розсіяного протона (іона) від маси атома, забезпечує принципову можливість елементного аналізу мішені, у т.ч. плівкової [1].

Для оптимального вибору експериментальних режимів згідно з сучасною методикою проведення RBS-досліджень необхідно провести комп'ютерне моделювання експериментального профілю. Нами здійснено моделювання RBS-спектру від реальної плівкової структури Ag/ZnMnS/ситал. Моделювання проводилось з використанням програми SIMNRA 6.0. Результати розрахунків представлені на рис. 1.

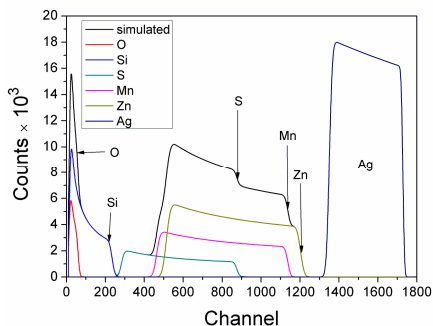


Рисунок 1 – Приклад моделювання енергетичного спектру для зразка Ag/ZnMnS/ситал

В результаті проведених досліджень встановлено, при використанні як джерела протонів енергетичні спектри Zn і Mn повністю перекриваються і це не дозволяє їх розрізнити. Отже оптимальними умовами проведення експерименту є такі: джерело – іони гелію ($E = 2$ MeV); товщини мішені – Ag (350 нм)/ZnMnS (1000 нм)/ситал (≥ 20000 нм).

Керівник: Курбатов Д.І., *асистент*

1. D. Kurbatov, A. Opanasyuk, S.M. Duvanov et al., *Solid State Sci.*, doi:10.1016/j.solidstatesciences.2011.01.017 (2011).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЭРИТРОЦИТОВ МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА

Захарова В.Н., *ст. преп.*; Лопатка Р.В., *студент*

В настоящее время значительно расширена сфера использования источников электромагнитного излучения и, по-прежнему актуальной остается проблема исследования физических механизмов действия электромагнитных волн на биобъекты.

Удобной модельной системой для изучения биологических эффектов электромагнитного излучения служат клеточные препараты, в этом числе клетки крови.

Целью нашей работы было: изученные явления дифракции света на цилиндрических и сферических объектах; измерение длины волны лазерного излучения; измерение размеров эритроцитов.

Были исследованы нативные препараты крови здоровых людей и пациентов с заболеваниями эндокринной системы (ЭС).

Дифракционная картина при освещении слоя малых круглых частиц одинакового размера расположенных хаотично, имеет вид чередующихся концентрических темных и светлых кругов.

Все детали установки были расположены на оптической скамье. Источником света служил двухлучевой лазер ЛГ-209. Для определения длины волны излучения лазера использована дифракционная решетка с периодом $d = 0.01$ мм.

Результаты измерений и вычислений согласно теории Гюйгенса — Френеля показали:

1. Средний диаметр эритроцитов в крови здоровых людей $D = 8.7$ мкм (образцы №1 и №2).
2. С целью предотвращения агглютинации эритроцитов (в образцах №3 $D = 7.3$ мкм и №4 $D = 7.7$ мкм) были использованы антикоагулянты – гепарин и 3.8 % цитрат Na. Эти вещества расслабляют белки в плазме. И эритроциты более свободно лежат на поверхности препарата.
3. Диаметр эритроцитов у пациентов с заболеванием эндокринной системы – $D = 9.5$ мкм, что можно объяснить увеличением содержания гемоглобина в крови.

ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ВРЕМЕНИ ОПУСКАНИЯ ГРУЗИКА, ПОДВЕШЕННОГО К МАЯТНИКУ ОБЕРБЕКА

Витренко А.Н., *ст. преп.*; Доля О.А., *студент*;
Шкурат Р.В., *студент*

Разработка виртуальных лабораторных работ по физике является актуальной задачей. Применяемые математические модели должны по возможности точно описывать процессы в реальных установках. Для достижения этого могут понадобиться дополнительные исследования, выходящие за рамки обычного выполнения лабораторных работ.

В лабораторной работе «Изучение вращательного движения с помощью маятника Обербека» для измерения времени опускания грузика, подвешенного к маятнику, применяется счетчик-секундомер ССЭШ. Данный прибор имеет дополнительные приставки с подвижными шторками. При своем движении вниз с заданной отметки грузик смещает шторку верхней приставки – счетчик-секундомер начинает отсчет времени. При достижении нижней отметки грузик смещает шторку второй приставки – отсчет времени прекращается. Счетчик-секундомер измеряет с точностью до сотых секунды, и для повторных измерений существует разброс. Цель данной работы: 1) установить, можно ли данный разброс описать одной случайной величиной; 2) подобрать закон распределения для случайной величины, который бы наиболее полно описывал экспериментальные данные.

Нами выполнено $N = 100$ повторных измерений времени опускания грузика известной массы с заданной высоты. Построен график зависимости времени от номера опыта. Найдены коэффициенты сериальных корреляций, которые служат критерием случайности. Установлено, данные коэффициенты незначимо отличаются от нуля; следовательно, повторные измерения независимы и представляют выборку случайной величины. Размах выборки разбит на 8 интервалов, подсчитано число измерений, попадающих в каждый интервал, построена гистограмма. По ее виду выдвинута статистическая гипотеза о гауссовском законе распределения. Для ее проверки применен критерий согласия Пирсона. Установлено, что данную гипотезу нет оснований отвергнуть при достаточно высоком уровне значимости более чем 0,9.

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ КОЕФІЦІЄНТА ДИФУЗІЇ ДОМІШКІВ ІМПЛАНТОВАНОГО ІЗОТОПУ КИСНЮ В ТИТАНОВОМУ СПЛАВІ

Лохоня Ю.А., *студент*, Колесник М.М., *асистент*,
Шендрик В.В., *доцент*

На сьогоднішній день роль комп'ютерної техніки важко переоцінити як у освіті, так і в наукових дослідженнях. Там де людині фізично важко все точно розрахувати, спрогнозувати і до того ж зробити це за максимально короткий термін, їй допомагають обчислювальні машини. Можливість автоматизованої обробки даних за допомогою комп'ютера згідно до заданого алгоритму є одним із технічних досягнень інформаційних технологій. Вони використовуються для збору, зберігання, аналізу інформації, для автоматизації одноманітних операцій і підготовки аналітичної інформації для отримання нових знань.

Метою даної роботи є створення програмного продукту, за допомогою якого проводиться обробка експериментальних даних та розрахунок коефіцієнтів дифузії та енергії активації для більш детального вивчення механізму дифузії на прикладі титанового сплаву.

Робота присвячується отриманню інформації про залежність величини коефіцієнтів дифузії ізоотопу кисню (^{18}O) в сплаві на основі титану від температури відпалу, створенню програмної оболонки для автоматизації розрахунку коефіцієнтів дифузії та енергії активації засобами Delphi 7.

Створений програмний продукт надає можливість автоматизовано виконувати розрахунки, отримувати графіки залежностей, для подальшого аналізу. При цьому користувач може корегувати вхідні данні в залежності від отриманих експериментальних даних.

Значимість роботи – на відміну від інших, даний програмний продукт дозволяє проводити дослідження для різних умов досліду, змінивши вхідні умови експерименту.

Програмна оболонка має простий інтерфейс і може бути використана як засіб для аналітичного аналізу процесу дифузії та може використовуватися в навчальному процесі під час аудиторного або дистанційного навчання.

СЕКЦІЯ 3

«НАНОЕЛЕКТРОНІКА»

THE APPLICATION OF THE MULTIFRACTAL THEORY WITHIN QUANTUM CALCULUS

Holovchenko A.I., *student*

The application of the fractal conception increasingly common appears in modern science. Fractal conception is based on characteristics of fractal sets. It is known that fractals are scale invariant sets, so to describe the multifractal the quantum calculus should be used. To describe the multifractal one can use an approach, where the deformation is applied to the multifractal parameter to vary it by means of finite dilation instead of infinitesimal shift. Moreover, it can be shown that related description can be used for the generalization of the partial function, the averages of random variables on the basis of deformed expansion and the mass exponent. Following calculus can be used in the description of multifractal in mathematical physics, solid state physics and econophysics. In macrostructure of condensates which have been obtained as result of sputtering, it is obvious that porous condensates type has apparent fractal structure. The second example of the application for the multifractal theory within quantum calculus exploits the dependencies of the time series of the currency exchange. This restriction makes possible to visualize a difference between fractal characteristics of the time series intervals. Comparing the data that had been taken before and after the financial crisis it is possible to make a conclusion that effects of this process diffracted on the fractal dimension coefficient of the lowest order and has no influence on the Tsallis entropy coefficient of the first order.

In the generalization of the multifractal theory the following characteristics have been used: the mass exponent, self-similarity coefficients, partition function. Two examples of multifractal sets in solid state physics and econophysics were shown. Mentioned examples demonstrate the areas of application of the generalized multifractal characteristics and the prospects of multifractal usage.

Supervisor: Borisyuk V.M., *seniour teacher*

1. A. Olemskoi, et al., *EPL* **89**, 50007 (2010).

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАГНЕТРОННОЙ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ SiC ПОКРЫТИЙ

Латышев В.М., *студент*

Карбид кремния (SiC) находит широкое применение из-за уникальной комбинации полезных свойств: механическая твердость, хорошая химическая, тепловая и радиационная устойчивость, высокая теплопроводность и подвижность носителей заряда. В последнее время интерес к карбиду кремния подогревается возможностью получения графена на его основе.

Получают карбид кремния с помощью химических (CVD) и физических (PVD) методов. Химические методы хорошо развиты и используются в промышленном производстве, но имеют один непреодолимый недостаток – высокие температуры в процессе получения (обычно более 1000°C). В то время как физические методы, в частности метод магнетронного распыления, позволяют получать пленки карбида кремния даже при комнатной температуре [1].

Для получения пленок карбида кремния с помощью магнетронного распыления составной мишени из углерода и кремния, прежде всего, необходимо провести расчет параметров распылительной системы. Такой расчет был произведен, основываясь на хорошо зарекомендовавшей себя методике рассмотренной в [2].

Исходя из необходимости получения на подложке пленки однородной по толщине и химическому составу, были получены оптимальные геометрические характеристики распылительной системы: радиусы углеродной и кремниевой мишеней, а также, расстояние от мишени до подложки. Кроме того, получены теоретические распределение толщины и распределение химического состава пленок карбида кремния на подложке, и исследована зависимость этих распределений от геометрических параметров магнетронной распылительной системы.

Руководитель: Перекрестов В.И., *профессор*

1. N. Ledermann, et al., *Surf. Coat. Tech.* **125**, 246 (2000).
2. В.И. Перекрестов и др., *Сверхтвердые материалы* **5**, 10 (2000).

САМОСБОРКА ПОВЕРХНОСТИ КОНДЕНСАТОВ Si В УСЛОВИЯХ ОКОЛОРАВНОВЕСНОЙ КОНДЕНСАЦИИ

Мокренко А.А., *ассистент*

Фундаментальные исследования механизмов формирования низкоразмерных систем постепенно становятся основой научных программ, в основу которых положено практическое применение наноструктур. Особый интерес уделяется методам создания низкоразмерных систем на основе полупроводников. Альтернативой современным методам может стать использование явления самосборки в условиях околоравновесной конденсации.

При конденсации Si в условиях близости к термодинамическому равновесию важную роль играет локальное распределение электрических полей, влияющее на потоки осаждаемых ионов. Установлено, что для изотропных в структурном и температурном отношении подложек процесс переориентации ограниченных потоков вещества является определяющим фактором. Фокусировка ионизированных атомов электрическим полем приводит локальному изменению химических потенциалов двух фаз и, как результат, к избирательному закреплению адатомов на ростовой поверхности.

Микроскопические исследования полученных образцов показали, что на начальном этапе роста конденсата происходит формирование тонких слоев, состояние которых близко к аморфному. ПЭМ-исследования показали, что в слоях Si, содержащих структурные неоднородности размерами ~2 – 4 нм, существует только ближний порядок в расположении кластеров. Следовательно, самосборка наносистем Si в условиях термодинамического равновесия является результатом минимизации количества свободных химических связей. Как следствие наблюдается уменьшение энергии всей пленочной системы в целом. Исследования поверхности пленок с помощью РЭМ позволили установить, что при длительной конденсации на ростовой поверхности образуется система вогнутых эллипсоидов вращения одинакового размера. Таким образом, управляемую избирательную самосборку систем Si удалось реализовать в условиях квазиравновесной конденсации, при этом ключевую роль в процессе роста конденсата играет самосогласованное выравнивание химических потенциалов во всех точках поверхности независимо от их координаты.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА ГЦК КРИСТАЛЛА ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ

Спесивый А.С., студент

Оптимальные формы наноструктур чрезвычайно важны для таких разнообразных прикладных применений как зарядные устройства, конденсаторы, топливные ячейки и прочее.

Целью представленной работы является определение основных принципов получения наноструктур заданной формы и контроля над ней. Рассматриваемая численная модель основана на методах, родственных с методом Монте-Карло, который, используя положения статистической физики, позволяет сократить аппаратные и вычислительные затраты на компьютерный эксперимент.

Исследуемая система представляет собою замкнутое кубическое пространство с периодическими условиями на границах. В центре его находится зародышевое зерно – небольшой кластер с ГЦК структурой, а объем заполнен хаотично движущимися атомами. Входными параметрами системы является начальная концентрация атомов и температура в моделируемой системе. Варьируя эти параметры можно получить различные габитусы кристаллов.

В результате проведенных экспериментов было обнаружено, что наиболее ровные и правильные грани кристаллов получаются при повышенных температурах и малых начальных концентрациях. Подобные условия близки к равновесным. Также было выяснено, что разнообразие кристаллографических плоскостей, ограничивающих грани кристалла, возрастает при учете соседей второго и далее порядков.

Руководитель: Перекрестов В.И., профессор

1. А.А. Чернов, *Современная кристаллография*. Т.3 (Москва: Наука: 1980).
2. С.М. Ермаков, *Метод Монте-Карло и смежные вопросы* (Москва: Наука: 1975).

ПОЛУЧЕНИЕ НАНО- И МИКРОСИСТЕМ ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ХРОМА ВБЛИЗИ ФАЗОВОГО РАВНОВЕСИЯ

Дешин В.Б., *аспирант*; Наталич В.В., *студент*

В работе показано, что пористые нано- и микроструктуры можно получить вблизи фазового равновесия в системе плазма-конденсат. Решение поставленной технологической задачи было осуществлено, при помощи конденсации предельно слабых потоков на ростовую поверхность, нагретую до относительно высокой температуры. При воздействии потоком частиц на ростовую поверхность, процессы повторного перехода адатомов в газовую фазу усиливаются. Подобное искусственное повышение летучести конденсируемого материала и позволяет формировать пористые слои металлов. Конденсация производилась в сверхчистой инертной среде на подложки из лабораторного стекла и сколы по (001) KCl.

На основании анализа обширного экспериментального материала установлены следующие этапы формирования конденсатов:

1. Формирование фрактальных систем в виде связанных друг с другом нанокристаллов. Такой механизм зарождения конденсата связан с ограниченным количеством активных центров роста, что характерно для условий Фольмера-Вебера.

2. Сращивание отдельных фрактальных образований в сетки. При этом, средний размер кристаллов постепенно возрастает.

3. Дальнейшее наращивание конденсата, приводит к постепенному подходу к трехмерной пористой структуре. Основой этого перехода является вторичное зародышеобразования в местах сращивания нанокристаллов первичного слоя. При этом, по причине предельной минимизации свободной энергии нанокристаллов, их коалесценция не происходит.

4. Формирование вискероов. Такой вариант структурообразования конденсата определяется дальнейшим снижением пересыщения, за счет увеличения общей площади ростовой поверхности и повышения ее температуры при воздействии относительно высокоэнергетичных частиц плазмы.

Руководитель: Перекерестов В.И., *профессор*

ТОПОЛОГІЯ ПОВЕРХНІ ШАРІВ Si ТА Cu ОСАДЖЕНИХ У НАКОПИЧУВАЛЬНІЙ ІОННО-ПЛАЗМОВІЙ СИСТЕМІ

Борисенко Н.О., студент; Космінська Ю.О., доцент

На сучасному етапі розвитку фізики та технології тонких плівок та наноструктур важливим є завдання створення ефективних технологій для формування заданих поверхневих структур. Накопичувальні іонно-плазмові системи (НПС) [1], що працюють на основі пустотілого катоду та магнетронного розряду, дозволяють отримувати складний поверхневий рельєф, але відповідні закономірності та механізми його формування ще недостатньо вивчені. Завданням даної роботи є з'ясувати особливості топології кремнієвих та мідних шарів, отриманих за допомогою НПС, в залежності від технологічних умов, пояснити механізм формування топології, а також створити математичну модель, яка пов'язала б геометричні параметри поверхні та основні фізичні фактори і технологічні параметри процесу осадження, та яка, відповідно, дозволяла б пояснювати та передбачати результат експерименту.

Отримані за допомогою НПС шари кремнію та міді досліджувались методом растрової електронної мікроскопії *ex situ*. Їх головною та загальною особливістю є розвинутість поверхні, структурні елементи якої можна промоделювати системою еліпсоїдів обертання. Головними фізичними ефектами, що впливають на результуючу топологію поверхні, розглядаються польова селективність та ефект Гібса-Томсона. Створена математична модель поєднує часову зміну геометричних параметрів елементів поверхні зі значенням хімічного потенціалу, який, в свою чергу, визначається умовами експерименту. Чисельний розв'язок рівнянь моделі із залученням методу фазової площини показав існування єдиної особливої (стійкої) точки, тип та координати якої в основному залежать від величини осаджуваного потоку, електричного поля над поверхнею. Це означає, що система за заданих умов приходить до стану з визначеною геометрією поверхні. Результати моделі знаходяться у відповідності до експериментальних даних.

1. V.I. Perekrestov, A.I. Olemskoi, Yu.O. Kosminska, A.A. Mokrenko, *Phys. Lett. A* **373**, 3386 (2009).

КІНЕТИКА ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ МЕТАЛЕВИХ КЛАСТЕРІВ ПРИ КВАЗІРІВНОВАЖНІЙ КОНДЕНСАЦІЇ

Борисенко О.О., *студент*; Космінська Ю.О., *доцент*;
Корнющенко Г.С., *ст. викл.*

При конденсації металів у вакуумі на підкладки шляхом їх магнетронного розпилення відбувається формування системи дискретних нанорозмірних острівців, еволюція якої значною мірою залежить від наближення до термодинамічної рівноваги та наявності активних центрів зародкоутворення на поверхні підкладки [1]. Так, при умовах, віддалених від рівноваги, відбуваються класичні та достатньо вивчені процеси формування суцільної плівки. Якщо ж реалізувати квазірівноважну стаціонарну конденсацію, то можна отримати в результаті дво- або тривимірні несучільні структури, що складаються зі слабкозв'язаних кластерів. Причому в такому випадку зародкоутворення відбувається виключно на активних центрах, якими, зокрема, можуть бути аніонні вакансії на КСі [1].

Метою даної роботи є з'ясування кінетики утворення системи кластерів металів на діелектричній підкладці в умовах квазірівноважної стаціонарної конденсації. Для цього використовується математична модель, яка представляє собою систему кінетичних рівнянь [2] в термінах залежності поверхневої концентрації одно- та багатоатомних кластерів від часу конденсації. Модель враховує наступні процеси: захоплення кластерами атомів при безпосередньому попаданні з пари, захоплення кластерами атомів, дифундуючих по поверхні підкладки, дисоціація кластерів на атом та менший кластер, десорбція атомів з підкладки та зародкоутворення на активних центрах.

Шляхом чисельного розв'язку системи кінетичних рівнянь досліджується вплив температури ростової поверхні, потоку атомів, що конденсується, енергетичних параметрів системи метал/підкладка, концентрації активних центрів на залежність концентрації кластерів від часу конденсації, розподіл кластерів за розмірами.

1. В.И. Перекрестов, А.С. Корнющенко, Ю.А. Косминская, *Письма в ЖЭТФ* **86**, 879 (2007).
2. J.G. Amar, M.N. Popescu, *Phys. Rev. B* **69**, 033401 (2004).

ВПЛИВ ШУМУ НА АВТОКОЛИВАННЯ НЕЛІНІЙНОЇ СИСТЕМИ

Давиденко Т.О, *аспірант*; Дрозденко Д.О., *студент*

Вплив шуму на нелінійні динамічні системи являє собою суттєву галузь науки, значні нові аспекти якої продовжують розроблюватися. Дія стохастичних джерел в таких системах може грати не тільки деструктивну, але і конструктивну роль. Прикладом такої перебудови є індуковані шумом фазові переходи, протікання яких призводить до появи особливих точок на фазовій площині.

Нами був розглянутий найбільш популярний випадок самоорганізації Хопфа: модульоване випромінювання лазера, поведінка якого визначається напруженістю електричного поля E , поляризацією середовища P і різницею населеностей енергетичних рівнів S . Для визначення залежності від часу цих величин застосовувалась стохастична система Лоренца. Для співвідношення часів релаксації $\tau_P \ll \tau_E, \tau_S$ відповідних змінних була розв'язана чисельним методом відповідна система рівнянь Ланжевена із шумом Леві та проаналізувати умови розмиття граничного циклу.

Шум Леві – це випадковий процес, що характеризується можливою появою дуже довгих стрибків, так що його траєкторії більше не безперервні. Довжина цих стрибків розподілена згідно із стійкою статистикою Леві із степеневим законом на хвості і розбіжністю другого моменту. Розбіжність польотів Леві породжує деякі проблеми по відношенню до фізичного сенсу цих процесів. Проте, останнім часом, рух Леві виникає у багатьох фізичних, природних і соціальних складних системах. Клас статистик Леві, фактично, спостерігається в різних галузях науки, де має місце або передбачається явище інваріантності.

Проведене дослідження показало, що граничний цикл зберігає свої обриси при показникові Леві близькому до 2 – змінюється випадковим образом тільки амплітуда та період коливань системи, а самі коливання залишаються.

Керівник: Олемскої О.І., *професор*

**МУЛЬТИФРАКТАЛЬНИЙ ФЛУКТУАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ЗМІНИ
СЕРЕДНЬОДОБОВОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЗА ОСТАННІ 120 РОКІВ**

Багдасарян А.А., *аспірант*; Передрий Є.А., *студент*

Велика кількість об'єктів досліджень у фізиці та інших галузях науки мають складну самоподібну структуру. Прикладами таких об'єктів є часові ряди – самоподібні криві змін з часом величин, що спостерігаються. Як правило, найбільш популярні приклади часового ряду дають коливання обмінних курсів валют і тимчасові зміни інших економічних показників. Подання природних явищ також зводиться до часових рядів вимірювань температури повітря, кількості опадів та інших метеорологічних даних. Основними параметрами, які характеризують самоподібність таких рядів, є показник Херста та спектр фрактальних розмірностей.

Мультифрактальний флуктуаційний аналіз дозволяє проаналізувати самоподібні часові ряди – встановити наявність кореляцій між членами ряду, які грають ключову роль у прогнозуванні його еволюції та чисельно розрахувати параметри, які описують самоподібність. Для виділення часових кореляцій слід разом зі спектром вихідного ряду дослідити мультифрактальні характеристики перемішаного ряду, члени якого представлені випадковим чином. Очевидно, таке перемішування повинно руйнувати тимчасові кореляції в розподілі випадкової величини, тоді як у некорельованому ряді перестановка його членів не може не позначитися на мультифрактальному спектрі.

За допомогою даного методу був проаналізований часовий ряд, який відображає зміну середньодобової температури більше ніж за 120 років в м. Київ. У ході проведених досліджень, був розрахований показник Херста, який дорівнював одиниці. Це означає, що ряд є трендо-стійким (або 100 % кореляція), тобто є наявність високої степені довгострокової залежності. Розрахована динаміка зміни середньої добової температури, на якій відсутня аномально велика зміна температури.

Керівник: Олемскої О.І., *професор*

ПЕРЕХОД В БИСТАБИЛЬНЫЙ РЕЖИМ КВАЗИРАВНОВЕСНОЙ КОНДЕНСАЦИИ

Олемской А.И. *профессор*; Ющенко О.В., *доцент*,
Жиленко Т.И., *аспирант*

Развитие современных нанотехнологий достигается использованием разнообразных методов, одним из которых является конденсация вещества в стационарном режиме, близком к фазовому равновесию. Этот метод позволяет получать весьма нетривиальные структуры, примеры которых дают ступенчатая поверхность монокристаллов никеля, разнообразные структуры конденсатов алюминия, ажурная структура меди, фрактальные поверхности углерода и титана и т.д. Развитие современных нанотехнологий достигается использованием разнообразных методов, одним из которых является конденсация вещества в стационарном режиме, близком к фазовому равновесию. Этот метод позволяет получать весьма нетривиальные структуры, примеры которых дают ступенчатая поверхность монокристаллов никеля, разнообразные структуры конденсатов алюминия, ажурная структура меди, фрактальные поверхности углерода и титана и т.д.

В рамках метода фазовой плоскости показано, что при малых значениях равновесной концентрации и осаждаемого потока в системах со слабой обратной связью реализуется единственное состояние, отвечающее стационарному режиму конденсации. С инверсией осаждаемого потока и усилением обратной связи появляется стационарное состояние разборки предварительно осаждённого конденсата, которое практически никогда не реализуется, поскольку отвечает отрицательным значениям стационарной концентрации (при этом стремление системы к равновесию ведёт к полному испарению конденсата, протекающему в нестационарном режиме). Исследование фазовых портретов при различных соотношениях времён релаксации концентрации напыляемого вещества, потока десорбции и температуры ростовой поверхности показывает, что вблизи стационарных точек наблюдается либо участок замедленной эволюции, либо спиральный участок, на котором реализуются немонотонный режим конденсации (ему благоприятствует рост времени релаксации температуры).

KINEMATICS OF NONEXTENSIVE STATISTICAL SYSTEMS

Olemskoi A.I., *professor*; Yushchenko O.V., *associate professor*;
Badalyan A.Yu., *post-graduate student*

A field theory is developed for nonextensive statistical systems on the basis of the generating functional

$$Z_q \{u(\mathbf{r}, t)\} = \int Z_q \{x\} e_q \left[\int u x (Z \{x\})^{q-1} d\mathbf{r} dt \right] D\mathbf{x}$$

Here, $q \in (0, \infty)$ is deformation parameter; $x(\mathbf{r}, t)$ and $u(\mathbf{r}, t)$ are fluctuating order parameter and its conjugate field, respectively; $e_q(x) := [1 + (1-q)x]^{1/(1-q)}$ is the Tsallis exponential related to $1 + (1-q)x \geq 0$. The generating functional represents a generalized Fourier-Laplace transform of the partition functional

$$Z_q \{u(\mathbf{r}, t)\} = 2\pi / 2_{-q} \int e_q \left[-Sx \{x(\mathbf{r}, t), p(\mathbf{r}, t)\} \right] Dp$$

being integral over generalized momentum $p(\mathbf{r}, t)$ conjugated to the generalized coordinate $x(\mathbf{r}, t)$. Here, the effective action $S = \int \mathcal{L} dt$ is defined by the Lagrangian

$$\mathcal{L} = p(\dot{x} - \nabla^2 x + \frac{\partial F}{\partial x}) - \frac{p^2}{2}$$

Equations of the system evolution within phase space is shown to be non-dependent of the deformation parameter, whose value determines only the probability to realize phase trajectories

$$P_q \{x(\mathbf{r}, t), p(\mathbf{r}, t)\} \propto e_q \left[-Sx \{x(\mathbf{r}, t), p(\mathbf{r}, t)\} \right].$$

Within the harmonic approach, deformed partition function and moments of the order parameter of lower powers are found. A set of equations for the generating functional is obtained to take into account constraints and symmetry of the statistical system.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВИПРОМІНЮВАННЯ КВАНТОВИХ ТОЧОК У РАМКАХ ТЕОРІЇ СЕРЕДНЬОГО ПОЛЯ

Ющенко О.В., доцент; Бровкіна Д.В., студент

Для сучасної науки особливий інтерес на сьогоднішній день викликає розуміння основних принципів, що керують сукупністю нанооб'єктів, а саме квантових точок. Нажаль, дотепер єдиної теоретичної схеми, що дозволила б самоузгодженим чином подати поведінку ансамблю квантових точок, не існує. Тому актуальною задачею є дослідження режимів випромінювання ансамблю квантових точок в рамках синергетичної теорії, яка, як відомо, часто використовується для опису складних систем.

На основі мікроскопічного гамільтоніану, що характеризується сумою псевдоспінових операторів для кожної квантової точки, описано ансамбль із N дворівневих квантових точок. Показано, що динаміка випромінювання ансамблю квантових точок може бути подана в рамках системи Лоренца. Таке теоретичне подання передбачає, що перехід між режимами випромінювання реалізується в результаті взаємоузгодженої поведінки трьох ступенів свободи: параметру порядку, сполученого йому поля та керуючого параметру. В нашій роботі роль параметру порядку відіграє функція переходу u , що описує локальну ефективну поляризацію та задається середнім спіном. Інтенсивність когерентності ω , що пропорційна інтенсивності когерентного випромінювання, відповідає сполученому полю, а усереднена за ансамблем різниця населення двох рівнів енергій i -тої квантової точки s зводиться до керуючого параметра.

Використовуючи наближення середнього поля та адіабатичне наближення було досліджено перехід між режимами випромінювання квантових точок, що реалізується за механізмом фазового переходу другого роду. Проаналізовані умови, за яких відбувається перехід від флуктуаційного стану, коли випромінювання квантових точок не зкорельоване, до когерентного стану, коли можливе когерентне випромінювання ансамблю квантових точок. Для різного співвідношення часів зміни основних параметрів (u , ω , s) було досліджено кінетику переходу між флуктуаційним та когерентним станами.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ АНСАМБЛЯ АКТИВНЫХ ЧАСТИЦ С УЧЕТОМ ФЛУКТУАЦИЙ УПРАВЛЯЮЩЕГО ПАРАМЕТРА

Ющенко О.В., *доцент*; Бондаренко М.Н., *студент*;
Троцкая Д.С., *студент*

Статистическая теория сейчас часто используется для изучения некоторых сложных систем, которые до недавнего времени находились вне сферы традиционных физических систем. Особый интерес при этом представляют принципы, управляющие поведением совокупности биологических объектов, которую зачастую отождествляют с ансамблем активных броуновских частиц.

Из экспериментальных данных известно, что реализуется несколько типов движения ансамбля активных частиц: прямолинейный, тороподобный и прерывистый (или смешанный).

Нетривиальные эффекты влияния флуктуирующей окружающей среды на состояние стохастической системы, которая претерпевает самоорганизацию, также актуальны в наше время. В данной работе рассмотрен случай, когда флуктуирующей величиной является управляющий параметр, который сводится к параметру внутреннего состояния ансамбля активных частиц. Данный подход основывается на процессе Орнштейна-Уленбека. Используя адиабатическое приближение и метод эффективного потенциала, мы исследовали суперкритический и субкритический режимы образования перехода, которые отвечают фазовым переходам второго и первого рода соответственно.

Были исследованы зависимости наиболее вероятного значения скорости движения ансамбля активных частиц. Для фазового перехода второго рода в отличие от детерминистической картины влияние шума приводит к появлению потенциального барьера. Это означает, что порядок перехода меняется на первый. Для фазового перехода первого рода учёт управляющего параметра приводит к образованию локального минимума эффективного потенциала, который может сосуществовать с устойчивым минимумом, присущим детерминистической картине. Мы показали, что последний из упоминаемых минимумов отвечает устойчивому прямолинейному движению, а второй – смешанному типу движения.

ФРАКТАЛЬНА ВИМІРНІСТЬ ТОНКИХ ПЛІВОК НІКЕЛЮ

Борисюк В.М., *ст. викл.*; Мокренко О.А., *асистент*;
Наконечна І.С., *студент*

Фрактали являють собою об'єкти складної структури, топологічні властивості яких не можливо описати у рамках звичайної геометрії. Будова такого об'єкту нескінченно повторюється при зменшенні масштабу розгляду. Зазвичай, фрактали мають кінцеву площу і нескінченний периметр і є масштабно-інваріантними та самоподібними структурами. На відміну від звичайних геометричних об'єктів такі структури характеризуються значенням вимірності D , яке не є цілим числом.

Для визначення вимірності D використовується наступний принцип: якщо досліджуваний об'єкт має лінійний розмір рівний 1, та Евклідову вимірність D , тоді при його масштабному перетворенні в кожному просторовому напрямку з коефіцієнтом $1/r$ потрібно буде $N=r^D$ подібних об'єктів щоб покрити вихідний досліджуваний об'єкт. Звідси вимірність D :

$$D = \frac{\ln N}{\ln r}. \quad (1)$$

В загальному випадку, для дослідження самоподібних структур використовується визначення

$$D = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N(\varepsilon)}{\ln \varepsilon^{-1}}. \quad (2)$$

Такий метод обчислення фрактальної вимірності має назву *метод покриттів* [1]. Обчислення фрактальної вимірності за формулою (2) для тонких плівок Ni показало, що такі утворення мають самоподібну структуру зі значенням $D = 1.85 \pm 0.03$. Таким чином була отримана статистична характеристика розподілу речовини в конденсаті, а також підтверджено припущення про самоподібну будову низькорозмірних систем нікелю.

1. Е.Н. Федер, *Фрактали* (Москва: Мир: 1991).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ И ВОЛНОВОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУР В МНОГОСВЯЗНЫХ КВАЗИОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Воробьев Г.С., *профессор*; Подопрыгора С.А., *студент*;
Рыбалко А.А., *ассистент*

Среди открытых структур, используемых в многосвязных квазиоптических системах (МКС), наряду с открытыми резонаторами и открытыми волноводами важное место занимают области связи, выполненные в виде дифракционных решеток (ДР) различных модификаций (периодических металлических и металлодиэлектрических структур). При дифракции электромагнитных полей на ДР обычно осуществляется «двухактовое» преобразование волн, когда объемная (падающая) плоская волна преобразуется в объемные (рассеянные) однородные плоские и неоднородные (поверхностные) волны [1]. Кроме того, значительный интерес представляют процессы преобразования поверхностных волн распределенных источников в объемные на периодических неоднородностях. В технике миллиметровых субмиллиметровых длин волн важное место занимают эффекты, связанные с преобразованием ДР поверхностных волн диэлектрического волновода (ДВ) [2]. В этом случае поверхностные волны ДВ трансформируются с помощью ДР либо в поверхностные же волны ДВ, либо в объемные волны, отрывающиеся от них.

В данной работе на основании теоретических и экспериментальных исследований простейших типов излучающих систем, образованных однорядными ДР, а также путем экспериментального моделирования преобразования поверхностных волн ДВ в объемные на двухрядных ДР различных модификаций, определены общие электродинамические характеристики элементов связи МКС. Установлена возможность фазовой и амплитудной корректировки интенсивности излучения.

1. В.П. Шестопапов *Генераторы дифракционного излучения* (Киев: Наук. думка: 1991).
2. G. S. Vorobjov, V. O. Zhurba et al., *J. Instrum. Exp. Tech.* **4**, 110 (2009).

ОБЩАЯ МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ВОЛН В МНОГОСВЯЗНЫХ КВАЗИОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Воробьев Г.С., *профессор*; Рыбалко Ю.А., *студент*;
Рыбалко А.А., *ассистент*

В данной работе, для ранее разработанной универсальной экспериментальной установки [1], представлена общая методика моделирования электромагнитных процессов в многосвязных квазиоптических системах, содержащих периодические неоднородности различных модификаций (ленточные и отражательные дифракционные решетки, металлодиэлектрические структуры), на которых происходит трансформация поверхностных волн диэлектрического волновода (ДВ) в объемные электромагнитные волны [2]. Проведен выбор оптимальных режимов моделирования и основных параметров исследуемых электродинамических систем. На основании блок-схемы экспериментальной установки, что реализована в диапазоне длин волн $\lambda = 4 \div 8$ мм [1], впервые представлена общая методика моделирования электромагнитных явлений в резонансных и волноведущих многосвязных квазиоптических системах. Она заключается в следующем: - проведении тестирования и калибровки основных измерительных элементов тракта СВЧ, а также используемых в эксперименте ДВ; - определении оптимального значения прицельного параметра для заданного типа ДВ; - определении параметров заданного типа периодических неоднородностей области связи и ДВ; - измерении пространственных характеристик области связи (в дальней и ближней зонах) с одновременным, автоматическим контролем их волноводных характеристик; - измерении электродинамических характеристик многосвязных квазиоптических систем заданных модификаций (открытых резонаторов, открытых волноводов) с последующей компьютерной обработкой и анализом полученных результатов.

1. G.S. Vorob'ev, V.O. Zhurba et al., *J. Instrum. Exp. Tech.* **4**, 536 (2010).
2. В.П. Шестопапов, *Генераторы дифракционного излучения* (Киев: Наук. думка: 1991).

ПОЛИКАПИЛЯРНАЯ ОПТИКА КАК МЕТОД ФОКУСИРОВКИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Воробйов Г.С., *профессор*; Дрозденко А.А., *ст. преп.*;
Дрозденко Д.А., *студент*

Работа посвящена поиску оптимальных методов фокусировки рентгеновского излучения (РИ) с целью создания медицинских рентгеновских томографов локального действия для диагностики заболеваний живых тканей человеческого организма.

Существующий метод рентгеновской томографии, наряду с положительным диагностическим эффектом, оказывает побочное влияние на исследуемый организм (глобальное радиационное облучение тканей организма не подверженных заболеванию). В связи с этим проблема локализации РИ в этом методе является актуальной.

Современное развитие рентгеновской оптики дает возможность для фокусировки рентгеновских лучей. Одним из вариантов локализации РИ на объекте является создание узконаправленного пучка за счет фокусировки рентгеновских лучей. Как показали исследования, проведенные в данной работе эту задачу можно решить несколькими путями: применение зонных дифракционных пластинок, многослойных интерференционных зеркал [1], капиллярной и поликапиллярной оптики [2]. С точки зрения эффективности, технологичности, стоимости и массогабаритных показателей наиболее приемлемой есть поликапиллярная оптика (линзы Кумахова). Линза Кумахова представляет собой веретенообразное стекловолоконное тело, состоящее из множества нитевидных каналов. Каналы (волноводы) линзы обладают свойствами, обеспечивающими малый угол отражения рентгеновских лучей. Вследствие этого рентгеновское излучение, попадая во входную апертуру линзы, разделяется на множество лучей, проходящих по каналам линзы. В результате, на выходе поликапиллярные линзы позволяют формировать сфокусированные рентгеновские пучки с энергией от 1,5 до 100 кэВ, обеспечивая коэффициент усиления порядка 100. При этом изображение источника имеет размер от нескольких миллиметров до нескольких микрон [2].

Следует отметить, что исследованные методы фокусировки рентгеновского излучения, кроме рентгеновской томографии могут быть использованы также в рентгено флуоресцентном анализе.

1. *Физический энциклопедический словарь* (Ред. А.М. Прохоров) (Москва: Советская энциклопедия: 1983).
2. М.А. Kumakhov, *Proc. SPIE* 116, 2859 (1996).

МЕТОД КОНЕЧНЫХ ИНТЕГРАЛОВ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Воробьев Г.С., *профессор*; Барсук И.В., *аспирант*;
Дрозденко А.А., *ст. преп.*; Игнатенко Н.В., *студент*

В связи с развитием численных методов в настоящее время все большую популярность приобретают программы для электромагнитного моделирования. Однако вопрос выбора оптимального численного алгоритма и, как следствие, программы для исследования все еще остается открытым.

Среди современных численных методов моделирования одним из наиболее перспективных является метод конечных интегралов (в литературе известен как FIT – the Finite Integration Technique [1]). Данный алгоритм в различных модификациях широко используется в акустике, динамической теории упругости, при моделировании электромагнитных полей, пьезоэлектрических эффектов и др. В отличие от большинства численных алгоритмов, FIT основан на использовании системы уравнений Максвелла не в дифференциальной, а в интегральной форме [2].

Метод FIT выгодно отличается своей универсальностью, поскольку может быть реализован как во временной, так и в частотной области моделирования. Кроме того, данный метод не накладывает никаких ограничений на тип используемой сетки дискретизации пространства: наряду со структурированной сеткой в декартовой системе координат поддерживаются неортогональные сетки, что позволяет проводить моделирование трехмерных конфигураций систем любой сложности.

Данный метод был использован для численного моделирования электронно-оптических систем приборов типа ЛОВ, ЛБВ и ГДИ. Результаты расчета хорошо согласуются с результатами, полученными ранее другими методами. Следовательно, с учетом указанных выше преимуществ, метод FIT можно считать наиболее перспективным при расчете статических полей сложных конфигураций.

1. T. Weiland, *Electron. Commun. (AEU)* **31**, 3 (1977).
2. M. Clemens, T. Weiland, *Prog. Electromagn. Res.* **32**, 65 (2001).

АНАЛІЗ ДИСПЕРСІЙНОГО РІВНЯННЯ МОДЕЛІ ПІДСИЛЮВАЧА НА ОБ'ЄМНИХ ХВИЛЯХ З ВРАХУВАННЯМ ФОКУСУЮЧОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Кривець О.С., *доцент*;
Коробченко О.В., *студент*; Закалюжний І.М., *студент*

На даний час залишаються актуальними питання розробки та створення як високоефективних підсилювачів, так і елементної бази в мм та субмм діапазонах довжин хвиль. Для вирішення цих важливих питань проведено теоретичні та експериментальні дослідження, які вказують на перспективність використання відкритих нерегулярних хвилеводних систем з розподіленою взаємодією [1].

Раніше була запропонована теоретична модель підсилювача на ефекті Сміта – Парселла на базі плоско-паралельного відкритого хвилеводу, проведені теоретичні та експериментальні дослідження такої системи. Але ці дослідження не враховували вплив кінцевого значення магнітного поля на електронно-хвильові процеси в електродинамічній системі моделі підсилювача [2]. Дана робота присвячена питанню дослідження впливу фокусуємого магнітного поля на взаємодію просторових хвиль електронного потоку і власних хвиль електродинамічної системи відкритого хвилеводу.

Порівняльний чисельний аналіз показав, що, на відміну від раніше дослідженої теоретичної моделі, в системі з неідеально сфокусованим електронним потоком разом з повздовжніми хвилями просторового заряду розповсюджуються і поперечні циклотронні хвилі. При синхронізації хвиль просторового заряду з хвилями періодичної структури відкритого хвилеводу спостерігається їх взаємодія. Інкремент зростання амплітуд хвиль суттєво залежить від величини магнітного поля, що фокусує потік електронів.

Отримана інформація може бути корисною при практичній реалізації пристроїв підсилення даного типу.

1. В.П. Шестопапов, *Генераторы дифракционного излучения* (Київ: Наук. Думка: 1991).
2. Г.С. Воробьев, А.С. Кривец, В.О. Журба, А.А. Рибалко, *Вісник СумДУ. Серія «Фізика, математика, механіка»* 1, 82 (2008).

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР СО СЛОЯМИ ИЗ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Головкина М.В., *доцент*

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

После открытия высокотемпературной сверхпроводимости в 1986 г. [1] структуры на основе сверхпроводников находят все большее применение. В последнее время на фоне успехов в области нанотехнологий стало возможным изготовление нанокompозитных материалов, содержащих включения из высокотемпературных сверхпроводников различной формы и размеров [2]. Такие композитные материалы, содержащие сверхпроводящие включения малых размеров позволяют преодолеть проблему термомагнитной неустойчивости и дают возможность использования высокотемпературных сверхпроводников при более высоких температурах [3].

В работе теоретически рассматриваются электродинамические свойства тонкопленочных структур, содержащих тонкие пленки нанокompозитного материала с включениями из высокотемпературной иттриевой керамики [4] и тонкие слои обычного материала. Рассматривались композиты со сверхпроводящими включениями в виде цилиндров и дисков. Электрические и магнитные свойства композита описывались путем введения эффективной диэлектрической и магнитной проницаемости. В качестве метода гомогенизации параметров среды со сверхпроводящими включениями для расчета диэлектрической и магнитной проницаемостей использовался формализм Максвелла Гарнетта [5]. Магнитные свойства отдельных сверхпроводящих включений рассчитывались с учетом формы включений [6]. Температурная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости сверхпроводящих включений рассчитывалась в рамках феноменологической модели [7]:

$$\sigma_1(t) = \sigma_n(1) \cdot [t^{\gamma-1} + \alpha \cdot (1-t^\gamma)], \quad (1)$$

$$\sigma_2(t) = \frac{1}{\omega \mu_0 \lambda^2(t)},$$

$$\lambda(t) = \frac{\lambda(0)}{\sqrt{1-t^\gamma}},$$

где $t = T/T_c$ – приведенная температура, T_c – критическая температура, $\sigma_n(1)$ – проводимость сверхпроводника при температуре перехода в сверхпроводящее состояние, $\lambda(t)$ – лондоновская глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник, $\lambda(0)$ – лондоновская глубина проникновения при нулевой температуре, α и γ – безразмерные феноменологические параметры.

Проведен численный расчет коэффициентов отражения и прохождения от рассматриваемых структур для сверхпроводящих включений различной формы, концентрации при разных температурах, не превышающих критическую температуру для сверхпроводника. Показано, что малые изменения температуры вблизи критической могут существенно изменить значения коэффициентов отражения и прохождения для структуры нанокompозитной проводник – диэлектрик. В результате проведенных исследований можно сделать вывод о перспективности применения рассматриваемых структур для изготовления частотных фильтров с малыми потерями с возможностью температурного регулирования.

1. J.G. Bednorz, K.A. Muller, *Z. Phys.* **64**, 189 (1986).
2. F. Gömöry, M. Vojenčiak, et al., *Supercond. Sci. Tech.* **22**, 034017 (2009).
3. А.В. Гуревич, Р.Г. Минц, А.Л. Рахманов, *Физика композитных сверхпроводников* (М.: Наука: 1987).
4. A. Mourachkine, *High-temperature superconductivity in cuprates: the nonlinear mechanism and tunneling measurements* (Dordrecht: Kluwer Academic: 2002).
5. М.В. Головкина, *Научно-техн. ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, сер. физ.-мат. науки* **3**, 105 (2010).
6. E.H. Brandt, *Phys. Rev. B* **58**, 6506 (1998).
7. O.G. Vendik, I.B. Vendik, D.I. Kaparkov, *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* **46**, 469 (1998).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СО СЛОЯМИ МАГНИТНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

Трегуб А.С., *студент*

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

В последнее годы в основных и прикладных исследованиях в области магнетизма твердых тел все большее внимание привлекают те системы, которые обнаруживают сильную взаимосвязь между магнитными, электрическими и оптическими свойствами.

В настоящей работе исследуется периодическая структура на основе чередующихся слоёв разбавленных магнитных полупроводников и диэлектриков. Характерной особенностью данных магнитных полупроводников является их способность существенно менять свои характеристики в зависимости от температуры и величины внешнего магнитного поля [1]. В качестве разбавленного магнитного полупроводника рассматривается оксид цинка ZnO с примесью Sn, легированный 3 % Mn [2]. Проведен расчет коэффициента отражения электромагнитной волны от данной слоистой структуры и исследована его зависимость от величины внешнего магнитного поля. Для расчета коэффициента отражения применялся матричный метод. Так же была исследована зависимость магнитной восприимчивости, аппроксимированной функцией вида $\mu = \mu(H)$, и диэлектрической проницаемости, заданной функцией вида $\varepsilon = \varepsilon(\omega, H)$, от величины внешнего магнитного поля.

Проведенные расчеты показывают возможность создания новых материалов, а также плоскостных структур на их основе с заранее заданными характеристиками, наиболее подходящими для тех или иных задач. Рассмотренные структуры могут применяться для создания переключателей и вентилях различного типа в оптоэлектронике.

Руководитель: Головкина М.В., *доцент*

1. И. Остин, Д. Илуэлл, *VFH* **106** No2, 337 (1972).
2. S.J. Peaton, C.R. Abernathy, D.P. Norton, et al., *Mat. Sci. Eng.* **40**, 137 (2003).

ОТРАЖЕНИЕ ОТ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ СТРУКТУРЫ МЕТАМАТЕРИАЛ-ДИЭЛЕКТРИК

Мустафин И.А., *студент*; Феопемптов Р.С., *студент*
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики, Самара, Россия

В настоящее время большой интерес ученых вызывают искусственно синтезированные материалы – метаматериалы. Данный класс материалов имеет различные уникальные свойства, одним из которых является отрицательный коэффициент преломления [1, 2].

Нами были исследованы тонкопленочные слоистые структуры, содержащие слои метаматериала с отрицательным показателем преломления и обычного диэлектрика. В качестве метаматериала рассматривалась структура на основе полупроводника с вкраплениями в виде двойных кольцевых резонаторов, выполненными из металла (Ag). Магнитная проницаемость массива из кольцевых резонаторов в зависимости от частоты вычислялась в виде

$$\mu(\omega) = 1 - \frac{\omega_{mp}^2}{\omega^2 - \omega_0^2 + i\Gamma\omega}, \quad (1)$$

ω_0 – собственная частота двойного кольцевого резонатора,

Γ – коэффициент затухания,

ω_{mp} – магнитная плазменная частота.

Численный расчет действительной и мнимой части коэффициентов отражения проводился для разной толщины слоев и разных значений мнимой части показателя преломления слоев. Анализ расчета коэффициентов отражения показал высокую зависимость коэффициента отражения от частоты. На основе рассмотренной нами структуры возможно создание фильтров для оптического диапазона.

Руководитель: Головкина М.В., *доцент*

1. V.M. Shalaeв, *Nat. Photonics* **1**, 41 (2007).
2. M.J. Dicken, K. Aydin, I.M. Pryce, L.A. Sweatlock, E.M. Boyd, S. Walavalkar, J. Ma, H.A. Atwater, *Opt. Express* **17**, 18330 (2009).

ДЕФЕКТНЫЙ МЕХАНИЗМ ПОРООБРАЗОВАНИЯ ФОСФИДА ИНДИЯ

Гайчук А.С., *студент*; Сичикова Я.О., *аспирант*
Бердянский государственный педагогический университет

Интерес к изучению дефектов кристаллов и их влияния на формирование пористых слоев полупроводников возрос из-за требований, предъявляемых к чистоте и совершенству кристаллов, любое отклонение от которых ведет к появлению дефектности.

Остаются нерешенными вопросы, связанные с методами получения пористых структур InP, механизмами их формирования и зависимостью условий порообразования от внутренних дефектов и несовершенств кристаллов.

Нами разработана методика получения пористых слоев InP методом электрохимического травления в растворах плавиковой кислоты, исследованы морфология и химический состав пористой поверхности. Установлено, что плотность входных отверстий пор, так же как и степень пористости макроскопически пористых слоев варьируется в широком диапазоне в зависимости от ориентации полупроводника, уровня легирования, типа присутствующих в растворе анионов и условий анодирования. Неоднородность распределения пор на поверхности образцов InP объяснена с точки зрения присутствия дефектов (в основном дислокационного типа) на поверхности исходного кристалла и термоупругих механических напряжений. Выявлено полосчатая структура пористой поверхности, которая обусловлена особенностями выращивания монокристаллов.

При изучении наноструктур пористых слоев установлены особенности механизмов порообразования для исследуемых образцов *n*-InP, которые обусловлены выходом дислокаций на (111) поверхность и ростом пор как вдоль поверхности, так и перпендикулярно ей.

Оценка химического состава поверхности пористых слоев InP показала, что поры не заполняются электролитом; компонентный состав поверхности пористого материала полупроводника составляют продукты неполного окисления полупроводника, возникающие при его взаимодействии с ионами раствора электролита.

МЕТОДИКА ОТРИМАННЯ ПЛІВОК НІТРИДУ ІНДІЮ

Гайчук А.С., *студент*; Сичікова Я.О., *аспірант*;
Кідалов В.В., *професор*
Бердянський державний педагогічний університет

Напівпровідникові прямозонні сполуки нітридів InN, InGaN, GaN являються одним з найперспективніших матеріалів для світлодіодів та лазерів. Не дивлячись на значний технологічний прогрес у розробці та випуску оптоелектронних приладів на основі тонких плівок нітридів III групи, збільшення ефективності та часу життя цих приладів потребують суттєвого покращення якості використовуваних матеріалів, в першу чергу зменшення щільності дислокацій, що не вдавалося здійснити із-за відсутності підходящих підкладок.

В основу даного дослідження поставлено задачу вдосконалення способу отримання плівок нітриду індію, а саме отримання w-InN (гексагональної модифікації вюрциту) на підкладках поруватого фосфіду індію.

Поставлена задача вирішується тим, що проводять обробку монокристалу InP шляхом електрохімічного травлення та нарощування плівки InN епітаксією. Епітаксію здійснюють радикало-променевим методом при температурі 300-400 °С.

В нашій роботі розглянуто можливість отримання тонких плівок нітриду індію на поруватих підкладках фосфіду індію методом радикало-променевої геттеруєчої епітаксії. Головна відмінність цього методу від традиційної епітаксії в тому, що один компонент поступає з газової фази (атомарний азот), а інший (індій) – геттерується з об'єму кристалу. Іншою важливою особливістю цього методу є розподіл температури в реакторі. Оброблюваний кристал знаходиться у вузькій зоні високотемпературної частини реактору, а температура всього реактору нижча. Такий температурний профіль призводить до видалення домішок з зони росту в низькотемпературну частину реактору, що обумовлює високу частоту шарів, що формуються.

Так, згідно з результатами скануючої електронної мікроскопії (на сколі), було отримано плівку InN товщиною 1,2 мкм.

За результатами мікроскопії було встановлено, що у випадку розмірів кристалітів поруватої підкладки InP менш ніж 100 нм, відбувається ріст суцільної плівки InN у результаті заростання поруватої підкладки фосфіду індію.

НАБЛИЖЕННЯ СВІТЛОВОЇ ОПТИКИ ПРИ ЗБУДЖЕННІ МЕТАЛОДІЕЛЕКТРИЧНИХ СТРУКТУР ПЛАНАРНИМ ДІЕЛЕКТРИЧНИМ ХВИЛЕВОДОМ

Рубан А.І., *доцент*; Кузьменко В.М., *студент*,
Дорошенко Д.Ю., *студент*

В приладах дифракційної електроніки використовуються металодіелектричні структури (МДС) кінцевих розмірів, які розташовуються або над періодичною структурою, що формує поверхневу хвилю – черенковський генератор типу лампи зворотної хвилі, або в об'ємі відкритого резонатора над дзеркалом з дифракційною решіткою – черенковсько-дифракційний генератор.

В даній роботі в залежності від параметрів діелектричного хвилеводу, стрічкової дифракційної решітки та діелектричної призми з використанням математичного середовища *Mathcad 14* у наближенні променевої оптики проведено комп'ютерне моделювання різних режимів збудження дифракційно-черенковського випромінювання на металодіелектричних структурах. Визначено, що обмеження розмірів діелектричної призми по товщині призводить до повного внутрішнього відображення черенковського випромінювання від границь призми. Основна енергія даного випромінювання у вигляді швидких хвиль розповсюджується уздовж діелектричної призми. Частина поля, проникаючи в навколишній простір, збуджує уздовж границь призми повільну поверхневу хвилю. Для просторових гармонік дифракційного випромінювання ($n \geq -1$) закон повного внутрішнього відображення не виконується, тому дифракційне випромінювання частково проходить через діелектричний шар та розповсюджується у вільний простір. У випадку нормального випромінювання енергія дифракційного випромінювання повністю виходить у вільний простір.

Суттєвий вплив на характеристики дифракційно-черенковського випромінювання надають товщина та діелектрична проникність діелектричної призми. Ці параметри визначають кількість та типи хвиль, що поширюються у системі, а також впливають на значення кутів випромінювання гармонік дифракційно-черенковського випромінювання.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ У БІОЛОГІЧНИХ МЕРЕЖАХ

Борисюк В.М., *ст. викл.*; Петренко А.О., *студент*

В загальному випадку мережею називають структуру, що складається з простих елементів – вузлів та зв'язків, що їх поєднують. Існує багато біологічних систем що можуть бути представлені через мережеву будову: це нейронні мережі, мережі метаболізму, харчування та багато інших. Такі природні мережі є предметом чисельних досліджень в багатьох галузях.

Для дослідження властивостей мереж зазвичай використовуються методи статистичної фізики. Так, серед багатьох параметрів, що характеризують будову мережі відзначають розподіл ступенів вузлів $P(k)$, що визначається як ймовірність того, що певний вузол має k приєднаних зв'язків, при цьому k визначається як ступінь вузла. Такий розподіл може мати вигляд розподілу Пуассона:

$$P(k) = e^{-\langle k \rangle} \frac{\langle k \rangle^k}{k!}, \quad (1)$$

чи експоненційного розподілу:

$$P(k) = e^{-k\langle k \rangle}. \quad (2)$$

Крім того розрізняють асортативні та дисортативні мережі. Дисортативність (асортативність) означає що в мережі домінує механізм з'єднання при якому вузли з високим ступенем приєднується до вузлів з низьким (з високим) k . Тип з'єднання в мережі може бути визначений по значенню кореляційного показника α_k [1]. Значення $-1/2 < \alpha_k < 0$ відповідає позитивно-корельованому (асортативному) зв'язку.

Розрахунок кореляційного показника та розподілу $P(k)$ показав що для досліджуваних моделей біологічних мереж характерне дисортативне зміщення вузлів.

1. J.W. Kantelhardt, E. Koscielny-Bunde, H.H.A. Rego, S. Havlin, A. Bunde, *Phys. A* **295**, 441 (2001).

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННО-ЧЕРЕНКОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Рубан А.И., *доцент*; Дорошенко Д.Ю., *студент*

В последние годы значительное внимание уделяется построению новых схем источников колебаний КВЧ с периодическими металлодиэлектрическими структурами, которые обладают широкими функциональными возможностями, как в плане построения новых модификаций источников колебаний КВЧ, так и в плане миниатюризации приборов и создания элементной базы радиосистем.

Оптимизация устройств электроники КВЧ путем создания макетов с электронным пучком (ЭП) требует больших трудозатрат и средств. Поэтому на начальном этапе исследований целесообразным является изучение простейших теоретических моделей с последующим экспериментальным "холодным" моделированием процессов взаимодействия пространственных гармоник дифракционно-черенковского излучения, путем замены ЭП планарным диэлектрическим волноводом. Такой подход позволяет определить и оптимизировать основные характеристики электродинамических систем приборов при переходе к макетным исследованиям с ЭП.

В данной работе проведено численное моделирование интенсивности гармоник дифракционно-черенковского излучения на металлодиэлектрических структурах с использованием программы, написанной на диалекте языка Pascal. Построены зависимости относительной плотности энергии излучений от относительной скорости электронного потока ($S_n/S_{0\max}(\beta)$) при различных значениях коэффициента заполнения решетки для зон Бриллюэна 1_0 , $4_{0,-1}^{-1}$ и $4_{0,-1,-2}^{-1}$ в металлодиэлектрической структуре типа диэлектрический слой – ленточная ДР и металлодиэлектрическом канале с диэлектриком конечной толщины.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ КВАНТОВЫЕ ТОЧКИ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ФДТ

Березовская И.В. *аспирант*; Рожицкий Н.Н. *профессор*
Харьковский национальный университет радиоэлектроники, г. Харьков

Проблемы онкологии есть и остаются во внимании медиков. Метод фотодинамической терапии (ФДТ) основан на применении сочетания фотосенсибилизатора (ФС) и лазерного излучения с длиной волны, соответствующей пику поглощения ФС. Наиболее интересным и перспективным является использование в методе наноматериалов – квантовых точек (КТ), в качестве ФС. Достоинством КТ является уникальные оптические и электрические свойства, которыми не обладают органические красители. Ключевую роль в электронных свойствах КТ играют квантово-размерные эффекты, позволяющие легко управлять длиной волны поглощения и люминесценции, варьируя размерами КТ, что является важным в методе ФДТ. С целью применения квантовых точек для терапии были проведены их спектроскопические исследования. Нами были получены спектры поглощения квантовых точек, по которым был рассчитан диаметр исследуемых образцов.

Основой метода является физические процессы, протекающие при взаимодействии ФС со светом, с участием синглетного кислорода $^1\text{O}_2$. Рассмотрение внутренних процессов протекающих при фотодинамических реакциях позволит в дальнейшем оценить эффективность генерации синглетного кислорода при использовании КТ. При проведении ФДТ используется II тип фотодинамической реакции [1], при которой возбужденный ФС передает свою энергию молекулярному кислороду, который находится в триплетном состоянии с последующим его переходом в синглетное. Вследствие чего последний оказывает разрушающее действие на опухолевые ткани. КТ, в качестве ФС обладают большей селективностью, что повышает эффективность метода фотодинамической терапии.

1. *Проблемы регуляции в биологических системах* (Ред. А.Б. Рубин) (М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»: 2006).

СЕКЦІЯ 4

«ФІЗИЧНІ ОСНОВИ МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ»

СУБСТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ПЛІВОК СЕЛЕНІДУ ЦИНКУ, ОТРИМАНИХ НА НЕОРІЄНТОВАНИХ ПІДКЛАДКАХ

Покалюк Ю.І., *магістрант*; Іващенко М.М., *аспірант*;
Данильченко С.М.¹, *с.н.с.*; Опанасюк Н.М., *доцент*
¹Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

Полікристалічні плівки ZnSe останнім часом знаходять широке використання як віконні шари тандемних сонячних елементів та фотодетекторів, електрохімічних комірок, базові шари електролюмінесцентних приладів тощо. Їх електрофізичні властивості у значній мірі визначаються дислокаційною сіткою всередині кристалітів. У зв'язку з цим, дослідження субструктурних особливостей плівок ZnSe є актуальним.

Плівки ZnSe були отримані на очищених підкладках зі скла у вакуумній установці ВУП-5М. Температура випарника складала $T_e = 1073$ К, температура підкладки змінювалася в інтервалі $T_s = (373-973)$ К. Структурні дослідження плівок були виконані на рентгенодифрактометрі ДРОН 4-07 у K_α випромінюванні мідного анода. Реєстрація дифракційних картин проводилась у діапазоні кутів 2θ від 20° до 80° , де 2θ – брегівський кут. Для розділення дифракційного розширення, обумовленого фізичними та інструментальними ефектами використані апроксимації профілю рентгенівської лінії функціями Коші та Гауса. Подальше розділення вкладів від дисперсності областей когерентного розсіювання (ОКР) та мікрореформацій проводилося графічним методом Холла. Використовувався також метод потрійної згортки.

В результаті досліджень визначені такі субструктурні характеристики плівок як розмір ОКР, рівень мікрореформацій та густина дислокацій. Показано, що залежність розміру ОКР від температури підкладки має вигляд кривої з максимумом при $T_s = (700-720)$ К, в той час як рівень мікрореформацій в плівках монотонно спадає при збільшенні їх температури конденсації. Розрахована густина дислокацій на межах та в об'ємі ОКР в залежності від фізико-технологічних режимів конденсації плівок.

**ИЗУЧЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
МАГНЕТИТА МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ**

Кузнецов В.Н., *м.н.с.*; Калинин О.В., *м.н.с.*; Данильченко С.Н.,
к.ф.-м.н.; Суходуб Л.Ф., *чл.-корр. НАН Украины, д.ф.-м.н.*
Институт прикладной физики НАН Украины, Сумы

В современной медицине магнитные наночастицы используются для целевой доставки лекарственных препаратов, управляемой локальной гипертермии, контрастирования в магнито-резонансной томографии, генотерапии, конструировании тканей. Наиболее широкое применение получили наночастицы оксидов железа в виду их низкой токсичности и стабильности магнитных характеристик [1]. В зависимости от области применения магнитные наночастицы должны иметь различные пространственные и магнитные характеристики. За счет изменения размеров, формы и состава магнитных наночастиц можно в определенных пределах управлять магнитными характеристиками материалов на их основе. Контролируемое получение частиц заданной дисперсности чрезвычайно важно, поскольку даже небольшое отклонение от заданных размеров может приводить к изменению свойств [2].

Наноразмерный магнетит (Fe_3O_4) в данной работе получали методом химического синтеза как в чистом виде, так и в полисахаридной матрице и с участием поверхностных агентов.

Рентгендифракционные исследования структуры материалов были выполнены на дифрактометре ДРОН4-07 (излучение – $\text{CuK}\alpha$, фокусировка – по Брэггу-Брентано). Был проведен качественный фазовый анализ полученных композитных материалов на основе магнетита Fe_3O_4 , рассчитаны их структурные характеристики. Размеры кристаллитов были рассчитаны несколькими методами анализа уширения рентгендифракционных пиков с выделением эффекта от микродеформаций решетки $\langle \epsilon \rangle$.

1. Першина А.Г., Сазонов А.Э., Мильто И.В., *Бюллетень сибирской медицины* **2**, 70 (2008).
2. M.A. Shah, M.S. Al-Shahry, A.M. Asiri, *Int. J. Nano Biomat.* **2**, 164 (2009).

РОЗРАХУНОК АНСАМБЛЯ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ У МОНОКРИСТАЛАХ СЕЛЕНІДУ ЦИНКУ

Бересток Т.О., студент; Косяк В.В., ст. викл.;
Іващенко М.М., аспірант; Опанасюк Н.М., доцент

Завдяки своїм специфічним електрофізичним та оптичним властивостям селенід цинку знайшов широке використання як «вікно» фотоперетворювачів сонячної енергії, базовий матеріал світлодіодів зелено-синьої ділянки спектру випромінювання, електрохімічних комірок, тонкоплівкових транзисторів, фільтрів тощо.

Структурно чутливі характеристики ZnSe у значній мірі визначаються присутністю структурних недосконалостей, зокрема власних точкових дефектів (ТД). Ці дефекти будучи зарядженими можуть виступати як акцептори, донори чи глибокі пасткові або рекомбінаційні центри, визначаючи такі важливі характеристики напівпровідника як час життя носіїв заряду, рухливість та ін.

У роботі проведено розрахунок концентрації нейтральних та заряджених ТД у масивних монокристалах та плівках селеніда цинку. Результати розрахунків ансамблю ТД в плівках ZnSe в залежності від температури підкладки та випарника, що використовувалися при їх нанесенні наведені на рис. 1.

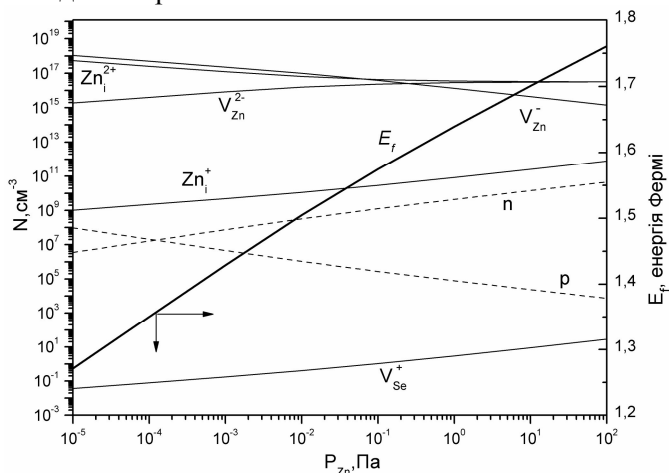


Рисунок 1 – Залежність концентрації ТД та енергії Фермі в монокристалах ZnSe від тиску парів цинку

ОПТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК ТЕЛУРИДУ КАДМІЮ

Коваль П.В., *студент*; Старіков В.В., *доцент*;
Косяк В.В., *ст. викл.*; Опанасюк А.С., *докторант*

Завдяки унікальним фізичним властивостям CdTe впродовж тривалого часу є об'єктом ретельного вивчення, як перспективний матеріал для виготовлення фотодетекторів випромінювання, перетворювачів сонячної енергії, елементів телекомунікаційних мереж та низки інших приладів твердотільної електроніки. При цьому потрібна оптимізація оптичних властивостей базових шарів приладових структур.

Плівки CdTe були одержані на очищених скляних підкладках методом квазізамкненого об'єму. Температура випарника становила $T_e = 893$ К. Температура підкладки змінювалася у діапазоні $T_s = (293-773)$ К. Вимірювання спектральних залежностей коефіцієнта відбиття $R(\lambda)$ та пропускання $T(\lambda)$ плівок здійснювалося за допомогою спектрофотометра СФ-26 в інтервалі довжин хвиль $\lambda = (600-1200)$ нм. Для вимірювання $R(\lambda)$ спектрів використовувалась приставка ПЗО-2, що забезпечувала при зніманні подвійне відбиття світла від поверхні експериментальних зразків із врахуванням його відбиття від контрольного зразка.

Для визначення оптичної ширини забороненої зони E_g телуриду кадмію було використане наступне співвідношення, справедливе для прямозонних напівпровідників: $\alpha h\nu = A(h\nu - E_g)^{1/2}$, де A – деяка константа, яка залежить від ефективної маси носіїв заряду у матеріалі; $h\nu$ – енергія оптичних квантів; α – коефіцієнт поглинання матеріалу.

Проведені дослідження дали можливість отримати спектральні розподіли коефіцієнтів поглинання $\alpha(\lambda)$, заломлення $n(\lambda)$, реальної $\varepsilon_1(\lambda)$ та уявної $\varepsilon_2(\lambda)$ частин оптичної діелектричної сталої зразків та виявити їх залежність від температури осадження плівок.

Встановлено, що при збільшенні температури конденсації спостерігається деяке зменшення ширини забороненої зони матеріалу від $E_g = 1,54$ eВ ($T_s = 293$ К) до $E_g = 1,52$ eВ ($T_s = 773$ К)

ТОЧКОВІ ДЕФЕКТИ У ТВЕРДОМУ РОЗЧИНІ $Cd_{1-x}Zn_xTe$

Конєва О.О., студент; Косяк В.В., ст. викл.;
Опанасюк А.С., докторант

Сплав $Cd_{1-x}Zn_xTe$ – перспективний матеріал, що може використовуватися як підкладки для епітаксійного вирощування $HgCdTe$, а також при виготовленні датчиків рентгенівського випромінювання.

Структура точкових дефектів в потрібному сплаві $Cd_{1-x}Zn_xTe$ набагато складніша, ніж у $CdTe$. Для простоти, $Cd_{1-x}Zn_xTe$ можна вважати ідеальним катіон-заміщеним псевдобінарним сплавом. Спираючись на це припущення, можна узагальнити модель точкових дефектів для бінарних сполук $CdTe$, застосувавши її до $Cd_{1-x}Zn_xTe$. Квазіхімічна рівновага для кожної із підгруп $CdTe$ і $ZnTe$ може розглядатися самостійно [1].

Як правило, концентрація Zn у твердому розчині $Cd_{1-x}Zn_xTe$ незначна. Таким чином, підгратка $CdTe$ є домінуючою у кристалічній решітці кристалу, що дозволяє розглянути точкові дефекти саме за цією підграткою [2].

У порівнянні з чистим $CdTe$, легування Zn не тільки впливає на ширину забороненої зони, а й призводить до утворення дефектів, пов'язаних з Zn і нових енергетичних рівнів у забороненій зоні. Проте, положення цих рівнів енергії та їх зв'язок з Zn -пов'язаними точковими дефектами вивчені недостатньо.

У даній роботі з врахуванням впливу Zn на енергії утворення точкових дефектів у власному телуриді кадмію проведено розрахунок спектру точкових дефектів у твердому розчині $Cd_{1-x}Zn_xTe$.

Встановлено, що зміна тиску парів кадмію суттєво впливає на концентрації точкових дефектів, причому міжвузловий кадмій являється домінуючим точковим дефектом при високих парціальних тисках металу, а вакансія кадмію – при низьких.

1. Y. Li, G. Ma, W. Jie, *J. Cryst. Growth* **256**, 266 (2003).
2. L. Turjanska, P. Hoschl, E. Belas, R. Grill, J. Franc, P. Moravec, *Nucl. Instrum. Meth. A* **458**, 90 (2001).

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ФРАКТАЛЬНИХ КИЛИМІВ

Батрак К.С., *бакалавр*; Пухляр О.П., *бакалавр*
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Зазначимо, що термін «фрактал» означає множину у n -вимірному евклідовому просторі R^n , у якій топологічна розмірність строго менша за розмірність Хаусдорфа (PX). Класичним прикладом фракталу в R^1 є досконала множина Кантора (ДНК), а в R^2 континууми Серпінського (КС), один з яких носить ще й назву килим Серпінського. Відносно цього фрактального килима відома, що його топологічна розмірність дорівнює одиниці, а PX дорівнює $\ln 8 / \ln 3$. Також відомо, що він має суттєве практичне застосування при конструюванні мініатюрних фрактальних антен. Точніше застосовується тільки певна стадія побудови КС, тому доречніше було б називати антени дофрактальними антеннами (ДФА).

Нами пропонуються цілий клас фрактальних килимів, стадії побудови яких мають більш широкий спектр «резонансних» розмірів, що поліпшують властивості ДФА і розширюють можливості зв'язку. Як основу для побудови даного класу ФК використовуємо дофрактальні стрічкові ґратки (ДФСГ). Напрямні ДФСГ є системою сегментів, що утворюють певну стадію СПФ зі змінною PX , яка розраховується за формулою $\ln 2 / \ln k$, де $k > 2$.

Перша стадія побудови ФК виникає в результаті накладання двох ДФСГ, що відповідають першій стадії СПФ. Друга стадія побудови ФК формується накладанням двох ДФСГ другої стадії і так далі. Тобто спрощено можна дати наступне означення: ФК є результат накладання ФСГ, що відповідають СПФ з $PX \ln 2 / \ln k$. Безумовно тільки опис процесу побудови недостатній для ефективного використання ФК. Тут потрібний системний аналіз даного класу двовимірних фракталів. Один з основних елементів системного аналізу є математичний аналіз процесу побудови з виявленням фрактальних властивостей об'єктів даного класу. Зокрема, основні властивості дають наступні дві теореми.

Теорема 1. Фрактальний килим на основі одновимірних СПФ з $PX \ln 2 / \ln k$ має нульову площу тобто є канторовою кривою.

Теорема 2. Фрактальний килим даного класу містить у собі двовимірний СПФ з $PX \ln 4 / \ln k$.

Другий не менш важливий елемент системного аналізу ФК є структурна схема процесу його побудови, яка опирається на структурну схему побудови СПФ. Але найбільш важливим елементом є практичне застосування ДФК при конструюванні пристроїв мікроелектроніки.

Керівник: Кошовий Г.І., *доцент*

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДУЛЯ ЮНГА БАГАТОШАРОВИХ ВУГЛЕЦЕВИХ НАНОТРУБОК

Смельяненко В.В., *аспірант*; Проценко О.Б., *доцент*

Завдяки своїм унікальним властивостям [1, 2] вуглецеві нанотрубки (ВНТ) можуть знайти застосування у ряді галузей науки та техніки. На сьогодні продовжується процес вивчення цих структур, тому актуальним є їх дослідження та пошук нових методів для цього. Потужним інструментом поряд із експериментальними дослідженнями виступає теоретичне моделювання механічних властивостей ВНТ шляхом побудови математичних моделей [3].

В даній роботі була поставлена задача дослідження механічних властивостей ВНТ і, зокрема, модуля Юнга багат шарових трубок з різною кількістю шарів та діаметром. Існує декілька підходів до цієї проблеми, наприклад, застосовуються методи молекулярної механіки та динаміки, які описані в роботах [1, 2]. Перший з них базується на механіці суцільного середовища та теорії пружності, він дозволяє з задовільною точністю моделювати фізичні процеси в наноструктурах під дією деформуючих сил, тому він був обраний для аналізу даної проблеми.

В результаті роботи була побудована і реалізована у вигляді програми математична модель, отримана на основі законів класичної та молекулярної механіки. Це дозволило розраховувати значення основної характеристики пружності ВНТ – модуля Юнга – за заданими структурними параметрами (діаметром та кількістю шарів), виявити та дослідити залежність між ними.

Отже, з використанням розробленої програми були розглянуті багат шарові ВНТ діаметром від 5 до 50 нм та кількістю шарів у діапазоні від 2 до 30. Встановлено, що модуль Юнга не залежить від діаметра, але при цьому чутливий до кількості шарів у випадках, коли їх не більше 8.

1. T. Natsuki, K. Tantrakarn, M. Endo, *Appl. Phys. A* **79**, 117 (2004).
2. J.R. Xia, B.A. Gama, J.W. Gillespie Jr., *Int. J. Solids Struct.* **42**, 3075 (2005).
3. Е.Б. Проценко, В.В. Емельяненко, А.Д. Карпеченко, *Складні системи і процеси* **1**, 6 (2010).

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ РОЗСІЮВАННЯ ХВИЛЬ ДОФРАКТАЛЬНИМИ КИЛИМАМИ

Кошовий А.Г., *аспірант*; Сидоров С.М., *студент*
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Відомо, що математичний опис розсіювання гармонічно залежних від часу електромагнітних та акустичних хвиль екранами в тривимірному просторі приводить до граничних задач для рівняння Гельмгольца. Це задачі Діріхле та Неймана з відповідними умовами на нескінченності та умовами у кутових точках. У даній роботі пропонується як екран взяти певну стадію побудови двовимірного самоподібного фракталу (СПФ) зі змінною розмірністю Хаусдорфа (РХ). За методом інтегральних рівнянь (ІР), зазначені тривимірні математичні моделі можуть бути перетворені без втрати строгості до двовимірних математичних моделей. Для задачі Діріхле отримаємо наступне ІР:

$$\iint_D \phi(x', y') G(\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}) dx' dy' = 1.$$

Для задачі Неймана замість ІР використовується інтегрально-диференціальне рівняння:

$$\left(\frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + k^2\right) \iint_D \phi(x', y') G(\sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}) dx' dy' = -ki.$$

де $G(u) = e^{iku}/4\pi u$, а права частина відповідає ортогональному набіганню плоскої хвилі. Область інтегрування D має форму дофрактального килима. На рис. 1 зображена друга стадія побудови фрактального килима (ФК) (двовимірного СПФ з РХ $\ln 4/\ln k$).

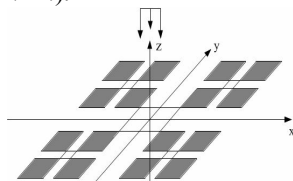


Рисунок 1 – Друга стадія побудови дофрактального килима

Опираючись на системний аналіз процесу побудови ФК математичним моделям можна надати конкретного змісту.

Керівник: Кошовий Г.І., *доцент*

ОТРАЖЕНИЕ ОТ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ СТРУКТУРЫ МЕТАМАТЕРИАЛ-ДИЭЛЕКТРИК

Мустафин И.А., *студент*; Феопемптов Р.С., *студент*
Поволжский государственный университет телекоммуникаций и
информатики, Самара, Россия

В настоящее время большой интерес исследователей вызывают искусственно синтезированные материалы – метаматериалы. Данный класс материалов имеет различные уникальные свойства, одним из которых является отрицательный коэффициент преломления [1,2].

Нами были исследованы тонкопленочные слоистые структуры, содержащие слои метаматериала с отрицательным показателем преломления и обычного диэлектрика. В качестве метаматериала рассматривалась структура на основе полупроводника с вкраплениями в виде двойных кольцевых резонаторов, выполненными из металла (серебра Ag). Магнитная проницаемость массива из кольцевых резонаторов в зависимости от частоты вычислялась в виде:

$$\mu(\omega) = 1 - \frac{\omega_{mp}^2}{\omega^2 - \omega_0^2 + i\Gamma\omega}, \quad (1)$$

ω_0 – собственная частота двойного кольцевого резонатора,

Γ – коэффициент затухания, ω_{mp} – магнитная плазменная частота

Численный расчет действительной и мнимой части коэффициентов отражения проводился для разной толщины слоев и разных значений мнимой части показателя преломления слоев. Анализ расчета коэффициентов отражения показал высокую зависимость коэффициента отражения от частоты. На основе рассмотренной нами структуры возможно создание фильтров для оптического диапазона.

Руководитель: Головкина М.В., *доцент*

1. V.M. Shalaev, *Nat. Photonics* **1**, 41 (2007).
2. M.J. Dicken, K.Aydin, I.M. Pryce, L.A. Sweatlock, E.M. Boyd, S. Walavalkar, J. Ma, H.A. Atwater, *Opt. Express* **17**, 18330 (2009).

**МАГНІТОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК Fe ТА
МУЛЬТИШАРІВ НА ЇХ ОСНОВІ**

Кондрахова Д.М., *аспірант*; Стеценко О.О., *магістрант*;
Синашенко О.В., *асистент*; Буряк І.І., *інженер*

Метою нашої роботи було дослідження анізотропного магніто-резистивного ефекту (МРЕ) в плівках Fe та мультишарах на основі Fe і Cu або Cr, і вивчення впливу термообробки зразків, яка стимулює взаємну дифузію, на його величину.

Тонкі плівки Fe та мультишари на їх основі були отримані методом термічної конденсації у вакуумі на підігріту до 400 К підкладку із аморфного ситалу. Відпалювання зразків проводилось до 700 К. Вивчення МРЕ відбувалося при кімнатній температурі з використанням двоточкового методу в зовнішньому магнітному полі (0 – 800 мТл) в поперечній та перпендикулярній геометріях вимірювання.

Для плівкових систем на основі фрагментів Fe/Cu спостерігається помітна відмінність в значеннях магнітоопору при різних геометріях вимірювання. При цьому характерна мала величина МРЕ (0,05 %) та анізотропія ($c_{Fe} = 50$ ат.%). При зменшенні c_{Fe} анізотропія зникає, а величина МРЕ значно збільшується (до 0,2 %), що може свідчити про наявність ГМО в цій системі [1]. При проведенні аналогічних досліджень для мультишарів Fe/Cr було отримано, що при товщині немагнітного прошарку Cr в межах другого антиферромагнітного максимуму ($d_{Cr} = 2,5$ нм) величина магнітоопору буде більшою, ніж для випадку, коли $d_{Cr} = 1,7$ нм. Термовідпалювання в системах Fe/Cr і Fe/Cu призводить до загального зменшення значення магнітоопору [2].

Згідно з експериментальними дослідженнями, величина магнітоопору в багатошарових плівкових системах на основі фрагментів Fe/Cu і Fe/Cr більша для поперечної геометрії вимірювання. Такі результати можуть свідчити про наявність анізотропного магніторезистивного ефекту в даних структурах.

Керівник: Проценко І.Ю., *професор*

1. I. Bakonyi, L. Peter, *Prog. Mater. Sci.* **55**, 107 (2010).
2. О.В. Синашенко, Д.Н. Кондрахова, І.Е. Проценко, *Ж. нано-електрон. фіз.* **2** № 4, 96 (2010).

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ Fe TA Gd

Воробйов С.І., *аспірант*

Двошарові плівкові зразки Gd/Fe/П були отримані у робочому об'ємі високовакуумної установки на основі магніторозрядного насосу НОРД-250 ($P \sim 10^{-5}$ Па), методом термічного випарування при температурі підкладки $T_n = 300$ К. Термообробка плівок проводилась у вакуумі в інтервалі температур 300-700 К. Дослідження кристалічної структури і фазового складу зразків проводили методом просвічуючої електронної мікроскопії та електроннографії.

Свіжосконденсовані плівки мають фазовий склад ОЦК-Fe+ГЦП-Gd+ОЦК-Gd₂O₃. Середній розмір кристалітів для фази заліза складає 20 нм. На відміну від фази ОЦК-Fe, гадоліній та його оксид знаходяться в дрібнодисперсному стані. Від фази ГЦП-Gd фіксується лінія (220), яка на дифрактограмах від масивного Gd є найбільш інтенсивною.

У двошарових плівках, які пройшли термообробку в інтервалі температур 300-700 К спостерігаються рекристалізаційні процеси та відбувається зміна фазового складу. У шарі Fe, після термообробки відбулася зміна середнього розміру кристалітів від 20 нм до 60. На знімках мікроструктури плівок після термообробки спостерігаються кристали розміром до 10 нм. Очевидно, що вони знаходяться на поверхні шару заліза та належать оксидній фазі Gd₂O₃. На електроннограмах фіксуються відбиття від кристалографічних площин ОЦК-Gd₂O₃ (222), (400), (440), (662), які є найбільш інтенсивними на дифрактограмах від масивної фази вказаного оксиду.

Таким чином в двошарових плівках Gd/Fe після термообробки в інтервалі температур 300-700 К спостерігаються наступні процеси: у шарі заліза відбувається рекристалізація, і не змінюється його фазовий склад, в той час як на поверхні заліза у шарі гадолінію спостерігається утворення кристалічного оксиду гадолінію ОЦК-Gd₂O₃ із середнім розміром зерна 10 нм.

Керівник: Черноус А.М., *професор*

ТЕНЗОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПЛІВОК Ag З ТОНКИМ ПОКРИТТЯМ Cu

Федченко О.В., *аспірант*

У роботі досліджувалися тензорезистивні властивості плівок Ag з тонким покриттям Cu (до 2 нм) та без нього. Показано, що для плівки Ag(35нм)/П значення коефіцієнта повздовжньої тензочутливості (γ_1) складає 1,5 одиниць, а для Cu(2)/Ag(35)/П – 1,7. Для плівки Ag(42)/П $\gamma_1 = 0,6$ одиниць, а для Cu(1)/Ag(42)/П – 0,9. На рис. 1 представлені деформаційні залежності для Cu(2)/Ag(35)/П (а) та мікроструктура для системи Cu(5)/Ag(28)/П (б). Отримані нами результати підтверджують те, що наявність покриття на поверхні плівки призводить до зміни електрофізичних властивостей [1].

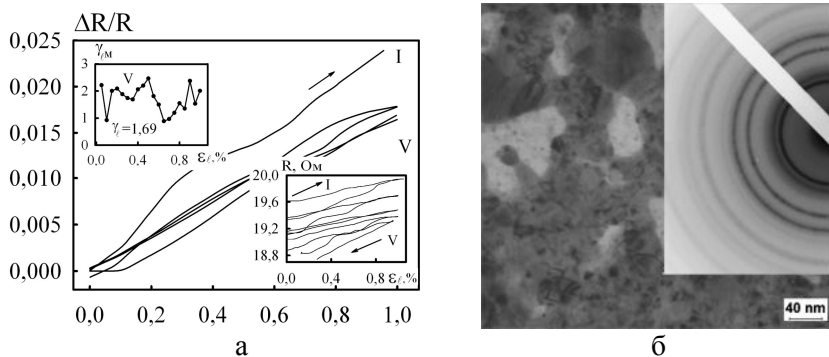


Рисунок 1 – Деформаційні залежності для Cu(2)/Ag(35)/П (а), мікроструктура та дифракційна картина для Cu(5)/Ag(28)/П (б).

Розшифровка електроннограм від чистої плівки Ag та від плівки з покриттям свідчить про практичну відсутність фазоутворення. Тому, збільшення опору плівки (приблизно на 0,3 Ом) при нанесенні тонкого шару Cu можна пояснити зниженням дзеркальності поверхні та прозорості меж зерен завдяки процесам зерномежевої дифузії.

Керівник: Проценко С.І., *доцент*

1. Т.П. Говорун, А.О. Степаненко, А.М. Чорноус, *ФХТТ* 5, 280 (2004).

АПРОБАЦІЯ ФЕНОМЕНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛІВКОВИХ ГРАНУЛЬОВАНИХ СПЛАВІВ

Шабельник Ю.М., *аспірант*

Мета роботи полягає в апробації запропонованої авторами [1] феноменологічної моделі, що використовується для розрахунку електрофізичних властивостей (питомого опору (ρ) та термічного коефіцієнту опору (β)) плівкових гранульованих сплавів.

При моделюванні плівкового зразка автори [1] користувалися такими положеннями:

- плівковий зразок представляється у вигляді шаруватої структури;
- окремий шар моделюється у вигляді паралельного з'єднання трубок струму, кожна з яких складається із послідовного з'єднання фрагментів твердого розчину (т.р.) і гранул із середнім розміром r_0 ;
- розрахунок опору гранули (R_2) сферичної форми здійснюється шляхом інтегрування елемента опору по об'єму гранули.

Співвідношення для розрахунку β гранульованого твердого розчину, отримане авторами [1], має такий вигляд:

$$\beta = \beta_{mp} - \frac{4\beta_2\rho_2}{4\rho_2 + \alpha\rho_{mp}} - \frac{\alpha\beta_{mp}\rho_{mp}}{4\rho_2 + \alpha\rho_{mp}} + \frac{\beta_2\rho_2 + \alpha\beta_{mp}\rho_{mp}}{\rho_2 + \alpha\rho_{mp}},$$

де α – ступінь гранулярності зразка; ρ_2 та ρ_{mp} – питомий опір гранул та фрагментів т.р. Со; β_2 та β_{mp} – ТКО гранул та фрагментів т.р. Со відповідно.

Результати, отримані за допомогою вище наведеного співвідношення та експериментальні дані добре корелюють між собою. Зокрема, для плівкової системи Ag(43 нм)/Co(20 нм)/Pi $\beta_{exc} = 1,58 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, а $\beta_{roz} = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Керівник: Проценко І.Ю., *професор*

1. С.І. Проценко, Л.В. Однодворець, І.В. Чешко, *Вісник СумДУ. Серія: Фізика, математика, механіка* **1**, 22 (2008).

ДИСПЕРГУВАННЯ ТОНКИХ ПЛІВОК КОБАЛЬТУ НА ПОЛІМЕРНІЙ ПІДКЛАДЦІ

Булатов С.А., *магістрант*; Зленко В.О., *аспірант*

Масиви металічних наночастинок були отримані на поверхні поліімідних плівок-підкладок у результаті процесу плавлення-кристалізації тонких плівок кобальту після відпалювання у вакуумі.

Полімерні підкладки для плівок Со отримувались на мікроскопічних мідних сітках (розмір комірки 100 мкм) з розчину поліамідної кислоти. Імідація полімеру (хімічний процес переходу до твердого стану) відбувалася у вакуумній камері установки ВУП-5М при тиску залишкової атмосфери 10^{-3} Па і температурі відпалювання 420 К. Плівки кобальту з початковою ефективною товщиною 1-2,5 нм отримувались методом вакуумного термічного випаровування. Контроль ефективної товщини здійснювався методом кварцового резонатору та ваговим методом. Структурно фазовий склад зразків досліджувався за допомогою просвічуючого електронного мікроскопу ПЕМ-125К.

Знімки мікроструктури та електроннограмми щойно осаджених плівок Со показали, що зразки мають не суцільну структуру та гексагонально щільно паковану (ГЩП) ґратку.

Для отримання масивів металічних наночастинок проводилося відпалювання зразків у вакуумі при різних швидкостях нагрівання (10-50 К/хв), максимальних температурах (600-1030 К), часу відпалювання. Під дією температури відбувалося диспергування тонких плівок Со на нанорозмірні частинки та фазовий перехід від ГЩП до гранецентрованого типу кристалічної ґратки.

Експериментальні дані свідчать про те, що середній розмір отриманих наночастинок складає 9-13 нм, причому ця величина збільшується зі збільшення початкової ефективної товщини плівок кобальту та максимальної температури відпалювання. При швидкості нагрівання зразків 5-10 К/хв відбувається утворення острівцевих структур складної форми з нерівномірним розподілом по поверхні підкладки. Збільшення швидкості нагрівання до 30-50 К/хв дозволяє отримувати масиви наночастинок круглої форми з рівномірним розподілом по поверхні.

Керівник: Проценко С.І., *доцент*

ВПЛИВ ШАРУ a-Gd НА ТЕНЗОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТРИШАРОВОЇ ПЛІВКОВОЇ СИСТЕМИ Fe/a-Gd/Fe/П

Хизь О.В., *магістрант*; Тищенко К.В., *аспірант*

У роботі розглянуто та проаналізовано результати експериментальних досліджень тензорезистивних властивостей тришарової плівкової системи Fe/a-Gd/Fe/П (a-Gd – аморфний гадоліній) у інтервалах деформації $\Delta\varepsilon_{l1} = (0 - 1)\%$ та $\Delta\varepsilon_{l2} = (0 - 2)\%$. Досліджувані плівки були отримані у камері установки ВУП-5М при тиску залишкових газів $\sim 10^{-4}$ Па на полістиролових підкладках. Вимірювання коефіцієнта повздовжньої тензочутливості (γ_l) проводилось за допомогою автоматизованої системи [1]. Було встановлено, що у системі Fe/a-Gd/Fe/П на залежності миттєвого коефіцієнта тензочутливості γ_{lM} від ε_l спостерігається максимум при $\varepsilon_l \cong 0,3 - 0,4\%$ в залежності від товщини, який ми розглядаємо як межу переходу від пружної до пластичної деформації (рис. 1 а).

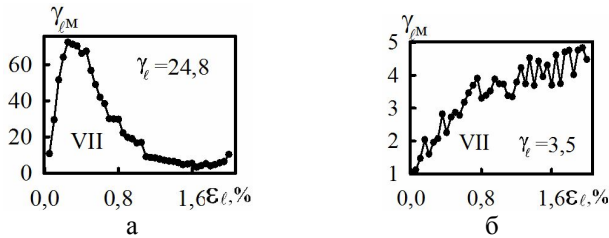


Рисунок 1 – Миттєві значення γ_l плівкової системи Fe(21)/a-Gd(12)/Fe(32)/П (а) та одношарової плівки Fe(7) (б)

Такий пік не спостерігається у одношарових плівках Fe (рис. 1 б) у діапазоні товщин 7 – 50 нм, із чого ми робимо висновок, що пластичну деформацію спричиняє саме шар a-Gd, оскільки межа переходу пружна-пластична деформація аморфних плівок нижча, ніж у кристалічних. З результатів проведеного аналізу був зроблений висновок, що проміжний шар a-Gd товщиною більше 10 нм знижує межу переходу до пластичної деформації, що спричиняє підвищення середнього значення γ_l .

1. Д.В. Великодний, С.І. Проценко, І.Ю. Проценко, *Металлофиз. новейшие технол.* **30** №12, 1659 (2008).

**ТЕНЗОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТОНКОПЛІВКОВИХ
СИСТЕМ НА ОСНОВІ Pd ТА a-Gd**Макуха З.М., *студент*; Тищенко К.В., *аспірант*

У роботі були проведені експериментальні дослідження тензорезистивних властивостей тонкоплівкової систем Pd/a-Gd/Pd з різною товщиною шарів, використовуючи автоматизовану систему [1]. Проведений мікроскопічний та електронографічний аналіз (прилад ПЕМ-125К) показав, що в досліджуваній системі незалежно від товщини шарів спостерігається дві фази: кристалічний ГЦК-Pd та аморфний Gd (a-Gd); з чого ми робимо висновок, що окремі шари зберігають індивідуальність при післяконденсаційній витримці.

Дослідження тензорезистивних властивостей показує, що дана система характеризується відносно малим значенням коефіцієнта повздовжньої тензочутливості (γ_l) (в залежності від товщин окремих шарів $\gamma_l = 1,4 - 2$) в області деформацій $\Delta\varepsilon_l = (0 - 1)\%$. Для всіх досліджуваних систем, товщина шару a-Gd в яких більша 10 нм, спостерігається перехід від пружної до пластичної деформації, про що свідчить пік на залежності миттєвого значення коефіцієнта тензочутливості γ_m від ε_l . Межа переходу прямує до зменшення зі збільшенням товщини шару a-Gd. Системи, товщина проміжного шару у яких менша 10 нм, характеризуються лінійністю характеристик, подібно до одношарових плівок Pd, з чого ми робимо висновок, що переходу до пластичної деформації не відбувається. Оскільки всі системи характеризуються повторюваністю циклів у досліджуваній області деформацій, розглядається можливість їх використання як чутливих елементів датчиків деформації.

Проаналізувавши експериментальні дані, був зроблений висновок, що проміжний шар a-Gd підвищує середнє значення γ_b , знижуючи при цьому межу переходу до пластичної деформації системи Pd/a-Gd/Pd.

1. S. I. Protsenko, D.V.Velykodnyi, V.A.Keraj, M.S. Desai, C.J.Panchal, I.Yu.Protsenko, *J.Mater. Sci.* **44** No18, 4905 (2009).

ОСОБЛИВОСТІ МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОНКИХ ПЛІВОК НА ОСНОВІ ЗАЛІЗА І ПЛАТИНИ

Метельова М.С., *студент*; Шпетний І.О., *доцент*;
Непійко С.О.¹, *професор*

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

Матеріали на основі Fe та Pt з різною товщиною феромагнітних і парамагнітних шарів є надзвичайно цікавими об'єктами для вивчення магнітооптичних властивостей, створення носіїв інформації з високою щільністю магнітного запису, елементів спінової електроніки та магнітооптичних систем, оскільки в них має місце спін-залежне розсіювання електронів на доменах з антипаралельною орієнтацією магнітних моментів у розділених немагнітним шаром сусідніх феромагнітних шарах або гранулах [1, 2].

Проведено дослідження магнітних властивостей двошарової плівкової системи на основі Fe і Pt з різною товщиною шарів компонентів з використанням меридіонального магнітооптичного ефекту Керра. При зміні величини зовнішнього магнітного поля від 150 до – 150 мТл змінювалася інтенсивність відбитого поляризованого світла, поверталася площина поляризації світла при відбитті та лінійно-поляризоване світло після відбиття ставало еліптично поляризованим. Отримані графіки петлі гістерезису для даної плівкової системи розташовані не симетрично відносно початку координат (ефект анізотропії обмінної взаємодії). Крім того, петля гістерезису деформується при зміні ефективної товщини шарів і проведенні відпалювання, що може бути, пов'язане з утворенням твердого розчину т.р. (Pt, Fe) або фази L1₀. Отримані значення коерцитивної сили, залишкової намагніченості та намагніченості насичення показали, що в плівкових структурах, формуючи певний структурно-фазовий стан можна керувати магнітними властивостями (магнітожорсткістю) досліджуваної системи.

1. P. Grünberg, J. Barnas, F. Saurenbach, J.A. Fuß, A. Wolf, M. Vohl, *J. Magn. Magn. Mater.* **93**, 58 (1991).
2. M.N. Baibich, J.M. Broto, A. Fert, et al., *Phys. Rev. Lett.*, **61**, 2472 (1988).

**СТРУКТУРНО-ФАЗОВИЙ СКЛАД ДВОШАРОВИХ
ПЛІВКОВИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ Mo I Ni АБО Fe**

Бурик І.П., асистент; Однодворець Л.В., доцент

У роботі наведені результати досліджень структурно-фазового складу двокомпонентних плівкових систем на основі d-металів та їх хімічних сполук, які можуть бути використані для розробки тензо- і терморезисторів, датчиків деформації і тиску з високостабільними робочими характеристиками.

Проведені експериментальні дослідження фазового (метод електроннографії) та елементного (метод вторинно-іонної мас-спектрометрії) складу невідпалених та відпалених до 800 К плівкових систем Ni/Mo, Ni/Cr та Fe/Mo. Обробка дифракційних картин вказує на те, що при термообробці відбувається кристалізація α -Mo і фазовий склад відповідає ГЦК- Ni і ОЦК-Mo з параметрами решіток $a = 0,352$ і $0,315$ нм, відповідно. У системі Ni/Cr (фазовий склад - ГЦК-Ni + ОЦК-Cr із $a = 0,354$ і $0,289$ нм) після відпалювання відбувається утворення т.р.-(Ni,Cr) з параметром решітки $a = 0,356$ нм. Було помічено, що при певному співвідношенні товщин плівок Ni і Cr як компонент двошарової системи твердофазна реакція проходить по всьому об'єму зразка, а у випадку надлишкової концентрації однієї із компонент, кінцевий продукт реакції буде мати двофазний склад: т.р.-(Ni, Cr) + ОЦК-Cr або ГЦК-Ni. У всіх випадках при відносно високих температурах відпалювання спостерігаються слабкі лінії оксиду Cr₂O₃. У системі Fe/ α -Mo після відпалювання до 800 К відбувається утворення плівок гетерогенного складу ОЦК-Mo + Fe₃O₄ + Fe₂O₃.

Результати, отримані методом ВІМС, дозволяють зробити висновок про велику роль конденсаційно-стимульованої дифузії (КСД) у порівнянні з термодифузією (ТД) при формуванні фазового складу зразків, хоча в обох випадках на форму дифузійних профілів також впливає іонно-стимульована дифузія (ІСД) під дією первинного пучка іонів. Оскільки ці два механізми розділити важко, то здійснити порівняння ефективних коефіцієнтів взаємної дифузії (D) можна лише для сумарного ефекту КСД+ІСД ($D \cong 10^{-19}$ - 10^{-18} м²/с) або ТД + ІСД ($D \cong 10^{-19}$ - 10^{-20} м²/с).

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЯ Al_2O_3/TiN ПОСЛЕ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

Махмуд А.М., *стажер*

Сочетание высокой прочности, твердости и сопротивления коррозии обусловили широкое использование покрытий на основе алюминия и титана. В отдельных случаях необходима дополнительная обработка поверхностных слоев. Эффективными становятся виды обработки, основанные на воздействии концентрированных потоков энергии (ионов, плазмы и электронов).

В настоящей работе изучены механические свойства покрытия Al_2O_3/TiN . Покрытие из Al_2O_3 было получено плазменно-детонационным методом на подложке из стали 3. Вторым слоем служило покрытие из TiN, полученное вакуумно-дуговым методом на установке Булат-3Т. Двухслойное покрытие подвергалось обработке сильноточным электронным пучком на установке У-212, когда расфокусированный электронный пучок перемещался по подложке с покрытием. После обработки пластина с двухслойным покрытием разрезалась электроискровым методом на фрагменты так, чтобы каждый образец был обработан только в одном режиме.

На изготовленных поперечных шлифах с помощью металлографического микроскопа Union была определена толщина покрытия, которая составляла 110 мкм (Al_2O_3) и 1-2 мкм (TiN). При измерении микротвердости нагрузка на индентор составляли 4, 5 и 10 Н. Проведенные измерения показали, что покрытие из Al_2O_3 имеет твердость 105 МПа, а покрытие из TiN после обработки электронным пучком с плотностью тока 25 и 35 mA/cm^2 имело твердость 47,4 и 43,8 МПа, соответственно.

Консультант: Ордодворец Л.В., доцент

СЕКЦІЯ 5

«ЕЛЕКТРОННЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

ТЕМПЕРАТУРНИЙ КОЕФІЦІЄНТ ОПОРУ ПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ Fe I Ag

Пилипенко О.В., *аспірант*; Чернов С.В., *магістрант*;
Одноворець Л.В., *доцент*

Інтерес дослідників до вивчення фізичних властивостей плівкових матеріалів феромагнетик/благородний метал пояснюється перспективами їх практичного застосування як систем для запису інформації з надвисокою щільністю, елементів магніторезистивної пам'яті і чутливих сенсорів магнітних полів з високою температурною стабільністю. Але питання впливу температури на стабільність параметрів таких матеріалів залишається маловивченим, що і визначило мету даної роботи. Як відомо, в терморезистивній сенсоріці застосовуються методи вимірювання температури на основі температурних залежностей питомого опору $\rho = f(T)$ і термічного коефіцієнту опору $\beta = f(T)$. До основних робочих параметрів таких приладів відносять величину коефіцієнта β та діапазон робочих температур ΔT , які визначаються конструктивно-технологічними особливостями і матеріалом чутливого елемента.

Плівки Ag/Fe/Pi (Pi - підкладка) були отримані методом термічного випаровування на ситалові підкладки у вакуумі $\sim 10^{-4}$ Па та термовідпалені в інтервалі температур 300-900 К протягом двох циклів за схемою «нагрів-охолодження». Залежності $\rho(T)$ і $\beta(T)$ показують, що в процесі термовідпалювання зразків з фіксованою товщиною шару Fe (40 нм) та змінною шарів Ag (10-50 нм) при першому циклі нагрівання спостерігається збільшення питомого опору до $T \cong 730$ К, що пояснюється звичайною температурною залежністю опору металевих плівок. Наступне, після $T \cong 730$ К, зменшення ρ пов'язане з процесом рекристалізації у плівках Ag і Fe. При другому термостабілізаційному циклі спостерігається лінійна залежність $\rho(T)$, на основі якої визначено величину $\beta \cong 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, відносно мала величина якого дозволяє стверджувати про можливість застосування плівкових систем Ag/Fe при виготовленні терморезистивних сенсорів і термостабільних магнітних елементів.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА АНАЛІЗУ ДИФРАКЦІЙНИХ КАРТИН

Костюк Д.М., *магістрант*; Федченко О.В., *аспірант*

Мета роботи – розробка програмного забезпечення (ПЗ) для розпізнавання та аналізу дифракційних картин плівкових систем, отриманих методом просвічуючої електронної мікроскопії (рис. 1).

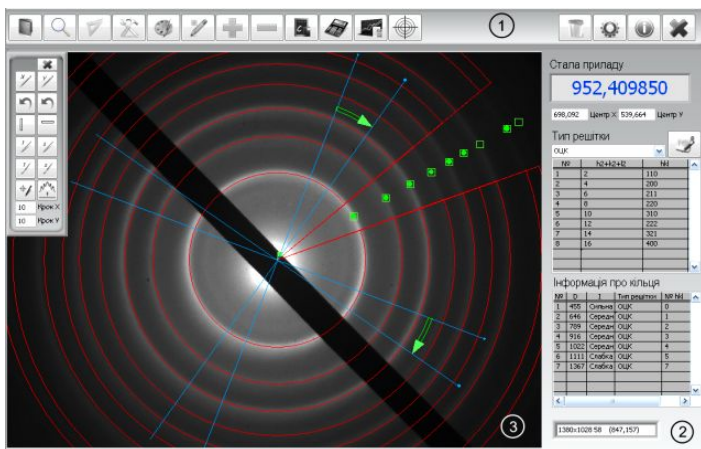


Рисунок 1 – Лицьова панель розробленого ПЗ: блок управління (1), блок контролю (2) та область зображення (3).

Розроблений додаток дає можливість користувачу швидко та надійно виконувати електронографічний аналіз дифракційних картин, що отримані експериментально від нанорозмірних плівкових систем. Розшифровка проводиться за самостійно розробленими алгоритмами, які дозволяють ефективно обробити зображення та отримати результати з необхідною точністю.

Для вирішення поставленої задачі використовувалося графічне програмне середовище LabVIEW 2010, модуль технічного зору Vision Development Module 2010 та Vision Acquisition Software.

Керівник: Проценко С.І., *доцент*

1. Ю.В. Визильтер, *Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision* (М.: ДМК Пресс: 2007).

ФАЗОВИЙ СКЛАД І ТЕРМОРЕЗИСТИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИЛАДОВИХ ПЛІВКОВИХ СТРУКТУР НА ОСНОВІ Fe I Ge

Власенко О.В., *аспірант*; Шевченко А.В., *магістрант*;
Одноворець Л.В., *доцент*

Приладові плівкові структури феромагнітний метал/ напів-провідник, викликають інтерес дослідників та розробників пристроїв сенсорики, оскільки в них можуть спостерігатися нові особливості температурних залежностей питомого опору, температурного коефіцієнту опору (ТКО) та магнітоопору, які можна пояснити інтенсивною дифузією атомів Ge в шар Fe, що призводить до утворення розмитих інтерфейсів [1]; малою невідповідністю параметрів решіток Fe і Ge (~1,3 %) та утворенням в процесі термовідпалювання слабомагнітних і немагнітних фаз [2].

Плівкові зразки Ge/Fe/П (П – підкладка) конденсувались у вакуумі $\sim 10^{-4}$ Па на плівки вуглецю (електронографічні дослідження фазового складу) і ситалові пластини (дослідження терморезистивних властивостей) із наступним термовідпалюванням за схемою «нагрів-охолодження» в інтервалі температур $\Delta T = 300-900$ К. Встановлено, що фазовий склад двошарових плівок Ge/Fe/П залежить від температури відпалювання: для невідпалених зразків на електронограмах фіксуються окремі лінії ОЦК-Fe і ГЦТ-Ge, що пояснюється малою розчинністю компонентів; для зразків відпалених до 900К – лінії, які відповідають ОЦК-Fe, ГЦТ-Ge і гексагональному - т.р. (Fe,Ge). У процесі термовідпалювання зразків з фіксованою товщиною шару Fe із варіюванням товщини шару Ge, спостерігається зростання питомого опору на I циклі нагрівання від 300 до 700 К та його різке спадання від 700 до 900 К. Температурні залежності для II і III термостабілізаційних циклів співпадають або проходять паралельно. ТКО був розрахований за III циклом охолодження і має величину $(3-9) \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$, що вказує на можливість застосування систем Ge/Fe як чутливих елементів терморезисторів і сенсорів температури.

1. Л.А.Чеботкевич, А.В.Огнев, Ю.П.Иванов, К.Lenze, А.И.Ильин, К.С.Ермаков, *ФТТ* **51**, 1761 (2009).
2. N.A. Morley, M.R.J. Gibbs, K. Fronk, R. Zuberek, *J. Phys.: Condens. Matter* **16**, 4121 (2004).

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ДЕТЕКТОРІВ ЖОРСТКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Коваль П.В., студент; Опанасюк А.С., докторант

Унікальні властивості напівпровідникових детекторів жорсткого випромінювання дозволяють вирішувати завдання не доступні пристроям інших типів. Але в наш час не розв'язана проблема вибору оптимального матеріала для таких детекторів. При опроміненні детекторного матеріалу X - або γ - випромінюванням відбуваються два основні процеси: його поглинання та сепарація електронно-діркових пар, що виникли. Тому оптимальний матеріал повинен характеризуватися: високою густиною ρ_m і середнім атомним номером Z , високими транспортними властивостями вільних носіїв заряду (добутком рухливості на час життя $\mu_{e,h}\tau$), великим питомим опором ρ тощо.

Поглиняльна здатність матеріалу визначається добутком $\rho Z^5/\mu$, де μ – молярна маса. Ефективність збирання носіїв заряду залежить від відношення $\lambda/L = \mu_{e,h}\tau E/L = \mu_{e,h}\tau \rho J_T/L$, де λ – довжина пробігу носіїв заряду; L – товщина детектора; E – напруженість електричного поля у приладі; J_T – густина темного струму. Для порівняння ефективності детекторних матеріалів нами будувалися залежності $\mu_{e,h}\tau\rho$ від $\rho_m Z^5/\mu$.

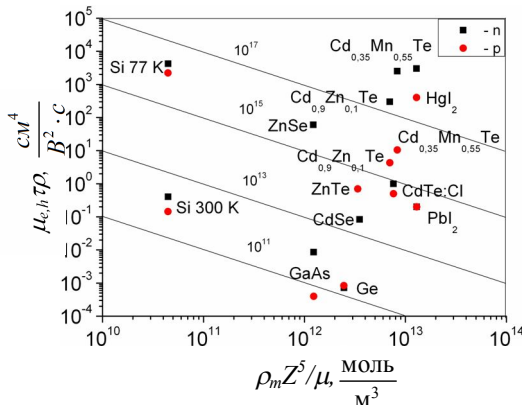


Рисунок 1 – Розрахунок ефективності детекторних матеріалів

З рис. 1 видно, що найкращі детектувальні властивості мають такі матеріали: $Cd_{1-x}Mn_xTe$, Hgl_2 , $Cd_{1-x}Zn_xTe$, $ZnSe$, $CdTe$, $ZnTe$, $CdSe$.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ПРИЛАДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ WEB - ТЕХНОЛОГІЙ

Коломійченко А.В., *студент*; Опанасюк Н.М., *доцент*

В даний час широкого практичного застосування набувають web-аплікації – програми що працюють в режимі online незалежно від використовуваної комп'ютерної платформи користувача. Для наочного дослідження студентами електрофізичних властивостей оптоелектронних приладів, зокрема фото резисторів, був розроблений web-додаток, що імітує реальний лабораторний експеримент. Для реалізації віртуального експерименту нами була використана мова програмування JavaScript з набором бібліотек-фреймворків MooTools та jQuery, що значно спростило розробку додатку.

Вихідні результати було згенеровано на основі емпіричних графіків, екстрапольованих для отримання поступової сітки табличних результатів.

Так як web-аплікація опрацьовується за допомогою парсера браузера, виникає проблема розробки уніфікованого додатку (який би давав можливість працювати у всіх найпопулярніших браузерах) оскільки не всі браузери підтримують загальні стандарти W3C а також побудовані на різних рушіях (англ. «layout engine»). Додаток був адаптований для роботи з рушіями популярних браузерів: Trident (Internet Explorer), Gecko (Firefox), Presto (Opera), WebKit (Chromium та Safari).

Відсутні в розмітці HTML зручні елементи керування були описані за допомогою MooTools, а функція обертання зображення – тригонометричними формулами.

До переваг застосування таких віртуальних лабораторій можна віднести: безпеку в роботі, використання на будь-якому комп'ютері та необмежений ресурс роботи.

ЗАСТОСУВАННЯ USB В АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Римар Р.Ю., *студент*; Великодний Д.В., *ст. викл.*

У наукових лабораторіях використання приладів, управління якими здійснюється за допомогою комп'ютера вже є звичною практикою. Однак більшість приладів на даний момент підключаються до комп'ютера за допомогою морально застарілих LPT і COM портів, які відсутні майже на всіх сучасних комп'ютерах, а тим більше на ноутбуках. Ось чому особливо гостро стає проблема розробки апаратного забезпечення, що має можливість управління через стандартний USB порт. Прикладом подібного обладнання є універсальний лабораторний стенд, що був розроблений на кафедрі прикладної фізики Сумського державного університету. Він може бути застосований при виконанні лабораторних робіт та наукових досліджень, при проведенні яких доводиться вимірювати такі фізичні величини, як напруга, сила струму, опір та температура. Зчитування цих даних комп'ютером проводиться за допомогою мікроконтролерного модуля ADAM-4019 виробництва фірми Advantech, що являє собою універсальний восьмиканальний вимірювальний прилад.

Управління лабораторним стендом здійснюється за допомогою електромагнітних реле та крокових двигунів, що обертають змінні резистори. Саме ж керування реле та двигунами комп'ютером здійснюється через оптичний драйвер, до складу якого входить мікроконтролер PIC18F452 фірми Microchip, мікросхеми MAX232 та оптрони AOT127. Мікроконтролер здатний керувати 16 оптронами, які відкриваються в залежності від комбінації двійкового коду, що відсилається через послідовний порт. Мікросхема MAX232 перетворює сигнали порта RS232 до сигналів, придатних для використання мікроконтролером. Даний оптичний драйвер можна підключати як до звичайного, так і до віртуального COM порта через перетворювач USB to RS232.

Управління лабораторним стендом відбувається за допомогою програмного забезпечення, розробленого в середовищі LabVIEW, у той же час програма, яка керує мікроконтролером, була розроблена в середовищі MikroC.

ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ В ИЗУЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Станиславов А.С., аспирант; Калинкевич О.В., м.н.с.;
Данильченко С.Н., к. ф.-м.н.;
Суходуб Л.Ф., чл.-корр. НАН Украины, д ф.-м.н.
Институт прикладной физики НАН Украины, Сумы

Магнитные наночастицы используются в современной медицине в качестве носителей для направленного транспорта лекарственных препаратов, контрастных агентов в магнито-резонансной томографии, материалов для локальной гипертермии [1-2]. За счет изменения размеров, формы и состава наночастиц магнетита Fe_3O_4 , можно в определенных пределах управлять магнитными характеристиками материалов на их основе. Контролируемое получение частиц заданной дисперсности чрезвычайно важно, поскольку даже небольшое отклонение от заданных размеров может приводить к значительному изменению свойств [2].

Исследование морфологии, фазового состава и особенностей структуры патологических кальцификатов человека должно способствовать выяснению молекулярных механизмов образования и развития этих минеральных образований с определением, в конечном итоге, факторов риска, способов предупреждения, средств ингибирования и блокирования роста. Данные минералы (зачастую карбонатсодержащий апатит) со временем подвержены фазовым и морфологическим трансформациям, которые могут иметь обратимый характер. Механизмы фазовых трансформаций требуют дальнейшего изучения с учетом этиологических факторов, а также кристалло-химических аспектов минералитов.

В настоящей работе методами электронной микроскопии (приборы ПЭМ-125К и РЭММА-102) были исследованы морфологические, размерные, концентрационные и структурные характеристики нанокристаллов композитных материалов на основе магнетита Fe_3O_4 и патологических кальцификатов человека.

1. G.Q. Zhang, H.P. Wu, et al., *Mat. Lett.* **61**, 2204 (2007).
2. M.A. Shah, M.S. Al-Shahry, A.M. Asiri, *Int. J. Nano Biomat.* **2**, 164 (2009).

ОСОБЛИВОСТІ МАГНІТООПОРУ У СПІНВЕНТИЛЬНИХ СТРУКТУРАХ З СРР ГЕОМЕТРІЄЮ НА ОСНОВІ Co ТА Cu

Демиденко М.Г., *асистент*; Лавриненко О.В., *студент*;
Луценко П.В., *студент*

У даній роботі досліджувались спін-вентильні структури на основі плівок Co, Au та Cu, сконденсовані у вакуумі при тиску залишкових газів 10^{-7} Па. Для вимірювання були підготовлені спеціальні зразки, що представляють собою матрицю спін-вентильних структур, яка була сформована наступним чином. На кремнієву підкладку наносився шар золота (40 нм), потім фоторезист, після чого за допомогою фотолітографії протравлювались вікна зі змінним діаметром (200-1000 нм), у яких формувався спіновий вентиль електронно-променевим методом конденсації у вакуумі. Були досліджені спін-вентильні системи з СРР геометрією протікання струму. На рис. 1а показано залежність опору від діаметру сформованих структур, з якої видно, що збільшення діаметру структури від 200 до 1000 нм призводить до зменшення опору на 20 %, що пояснюється збільшенням геометричних розмірів спін-вентилів і як результат зменшенням впливу поверхневого розсіювання електронів провідності.

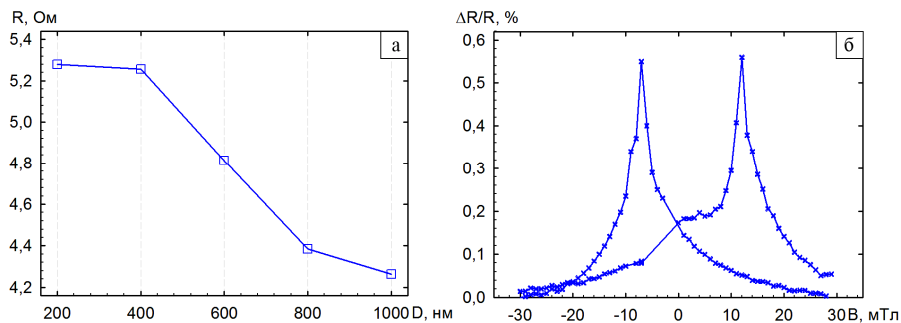


Рисунок 1 – Залежність опору від діаметру (а) та зміна магнітоопору (б) спін-вентильних структур з СРР геометрією.

Результати вимірювання зміни магнітоопору у таких системах наведено на рис. 1б, що складає 0,56 % при полі коерцетивності 12 мТл.

Керівник: Проценко С.І., *доцент*

ЛЕГИРОВАННАЯ АЛМАЗНАЯ ПЛЕНКА КАК ВЫРОЖДЕННЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК

Семеней А.М., *аспирант*

Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
лаборатория аналитической оптохемотроники

Синтез проводящих алмазных и алмазоподобных пленок (АПП), стимулировал огромный интерес к их использованию практически во всех областях науки и промышленности. Для придания проводимости алмаз легируют донорной или акцепторной примесью. Электроды, покрытые АПП, показывают высокую механическую износостойкость, инертность к среде, широкое потенциальное окно, малые адсорбционные токи и коррозионную устойчивость. В области электрохимии проводящий алмаз значительно превосходит металлы. Но для предсказания поведения алмазных электродов в тех или иных условиях необходимо понимание механизма проводимости.

Целью работы является математическое описание процесса проводимости АПП легированной азотом. Чтобы объяснить поведение легированного алмаза необходимо прибегнуть к электрохимической теории полупроводниковых материалов. В работе проведено математическое обоснование характера проводимости.

При высокой степени легирования алмаза, уровень Ферми находится в пределах зоны валентности, а запрещенная зона очень мала. Электроны могут туннелировать с зоны валентности прямо в электролит. Это объясняет то, почему высоколегированный алмаз ведет себя подобно металлам.

Результаты моделирования позволяют разработать алмазоподобный материал с предсказуемыми параметрами для высокотехнологичных сверхчувствительных электрохимических и электрохемилюминесцентных сенсоров.

Работа выполнена при поддержке грантов УНТЦ.

Руководитель: Рожницкий Н.Н., *профессор*

1. Ю.В. Плесков, *Электрохимия алмаза*. (М.: Едиториал УРСС: 2003).
2. A. Fujishima, Y. Einaga, Tata N.Rao, Donald A. Tryk, *Diamond electrochemistry*. (Elsevier: 2005).

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРІВ

Машай М.Ю., студент

Біполярні транзистори (БТ) використовуються у мікроприладобудуванні як керовані джерела, підсилювачі та перемикачі постійного, змінного або імпульсного струму. Підсилення електричних сигналів відбувається в БТ завдяки тому, що відносно невеликі зміни струму бази або напруги між базою та емітером можуть спричинити значні зміни струму між емітером і колектором. Метою даної роботи є дослідження впливу температури на робочі характеристики БТ різних типоміналів.

Схема лабораторного стенда складається з двох міліамперметрів, вольтметра, двох змінних резисторів, досліджуваного біполярного транзистора (в даному випадку типу МП37А або ТМ3А і нагрівача, за допомогою якого температура транзистора змінювалась в робочому діапазоні $\Delta T \cong 0-70$ °С.

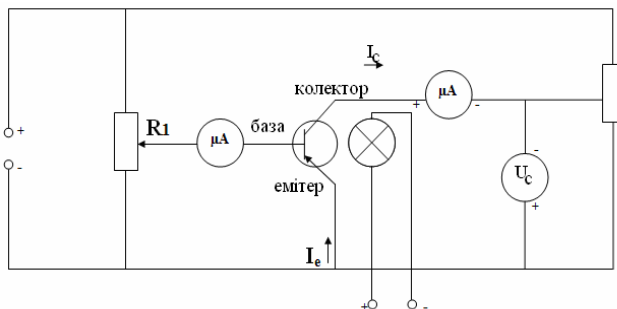


Рис.1. Схема лабораторного стенду

Експериментальні вимірювання вказують на те, що температура суттєво впливає на експлуатаційні параметри БТ різних типів, а саме зі збільшенням температури струми бази (I_b) та колектора (I_c) зростають, а напруга між емітером та колектором (U_{e-c}) зменшується. Встановлено, що для транзистора типу МП37А в діапазоні температур від 0 до +70 °С величина I_b зростає на 33 мА, величина I_c – на 38 мА, а значення U_{e-c} зменшується на 20 мВ, що задовільно співпадає із теоретичною оцінкою зміни цих параметрів під дією температури.

Керівник: Одноворець Л.В., доцент

СЕКЦІЯ 6

«ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ»

ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Овчаренко Д.М., *студент*; Бондарев В.А., *студент*;
Лебедка С.М., *асистент*

Метою роботи є аналіз найбільш ефективних шляхів енергозбереження в житлових будинках та розрахунок рівня споживання електроенергії типовим приватним житловим будинком.

Для забезпечення електричною енергією споживачів необхідно підвести таку кількість енергії, якої було б достатньо для живлення всіх приладів та систем, що споживають електричну енергію.

В роботі розглянуто типовий приватний будинок, в якому присутні прилади та системи, що споживають електричну енергію. Не останнє місце в питанні енергозбереження відіграє людський фактор. Тому в роботі наведено перелік організаційних заходів, покликаних забезпечити енергозбереження в приватному житловому будинку.

Визначено загальне споживання електроенергії житловим будинком за рік.

Для живлення приватного будинку використано вітрогенератор потужністю 1,5 кВт та дві сонячні енергоустановки по 0,5 кВт. Розрахована потужність вітрогенератора за умови розташування вітряка в Сумській області та кількість енергії, яку можна отримати протягом року в місті Суми, якщо використовувати сонячну енергосистему моделі FSol – 500 – 480.

Енергетична концепція пасивного будинку дозволяє знизити витрати енергії в новобудовах в 8-10 разів. У той час як звичайний будинок споживає від 150 до 250 кВт·год/м² у рік, пасивному будинку досить усього 10-15 кВт·год/м² у рік.

Розрахунок можливих вихідних потужностей альтернативних джерел енергії для міста Суми показав, що, кількість електроенергії, отриманої завдяки енергії вітру та сонця, достатня для забезпечення близько 70 % потреб електричної енергії типового приватного будинку.

Якщо користуватися методами зниження споживання електричної енергії та споживати її за графіком, то цілком можливе повне задоволення потреб споживачів протягом всього року.

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-10 кВ

Лебедка С.Н., ассистент

Степень опасности однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) в электрических сетях 6-10 кВ в основном зависит от режима нейтрали сети. Сейчас рассматриваются как возможные следующие варианты работы нейтрали этих сетей: изолированная нейтраль, заземление через дугогасящий реактор (ДГР), заземление через высокоомный или низкоомный резисторы.

Для анализа различных режимов заземления нейтрали разработана математическая модель сети. Получены модели трехфазных элементов сетей, основанные на уравнениях в фазных координатах.

Проведены вычислительные эксперименты в сетях 6–10 кВ произвольной конфигурации, различающихся режимом нейтрали, конструктивным исполнением, протяженностью, средствами ограничения токов и перенапряжений при ОЗЗ для исследования электромагнитных переходных процессов, в результате которых получены количественные характеристики перенапряжений и токов при ОЗЗ.

В сетях с изолированной нейтралью допустимые уровни перенапряжений могут быть обеспечены только при малой протяженности кабельных линий ($\approx 10-20$ км). В сетях с заземлением через ДГР установлен факт различия тока в нейтрали и тока в месте ОЗЗ, поэтому требует уточнения методика настройки ДГР.

Разработанные программные средства могут быть использованы для выбора заземляющих резисторов и для оценки эксплуатационного ресурса ограничителей перенапряжений (ОПН). Импульсы токов и перенапряжений, воздействующие на ОПН при ОЗЗ, отличны от испытательных импульсов, приводимых в инструкциях заводоизготовителей. Поэтому необходима проверка ОПН по условиям их пропускной способности.

Разработанная математическая модель электрической сети 6-10 кВ позволяет анализировать электромагнитные переходные процессы при ОЗЗ, оценивать величины токов и перенапряжений, определять области применения сетей с различными режимами нейтрали, выбирать средства ограничения токов и перенапряжений.

КЛАСИФІКАТОР НАВАНТАЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА РОБОЧИХ МАШИН

Муріков Д.В., *доцент*; Василега П.О., *доцент*;
Андрєєва Ю.М. *студент*; Полосіна В.О., *студент*

Завдання вибору електродвигуна за потужністю є дуже важливим, особливо для робочих машин зі змінним навантаженням, оскільки від правильності вибору за цим параметром значною мірою залежить надійність роботи всього електропривода і його енергетичні показники в процесі експлуатації.

На практиці при виборі електродвигуна для електропривода зі змінним навантаженням будують діаграму навантаження і на її основі визначають еквівалентну потужність, а вже по ній із довідників вибирають необхідний електродвигун. Для побудови діаграми навантаження використовують дані, що отримують з допомогою класифікатора навантаження.

Відомі на цей час класифікатори навантаження не дають достовірних даних стосовно динаміки зміни навантаження в процесі роботи. Так класифікатор згідно [1] реагує на кожний сигнал високого рівня, наприклад, на такий, що в 1,5 рази перевищує номінальне навантаження, і не враховує інтенсивність повторення навантажень. Все це дозволяє судити про недостатню надійність приладу й окремих його вузлів.

Розроблено класифікатор навантаження, який дозволяє при будь-якій інтенсивності навантаження на виконавчому механізмі своєчасно формувати коригувальний сигнал для регулювання швидкості електродвигуна. Це досягається завдяки того, що кожний клас навантаження забезпечується додатковим лічильником числа переходів з одного класу в інший. Використання класифікатора дозволяє більш точно визначати динаміку навантаження робочої машини, правильно визначати еквівалентне навантаження та правильно вибрати електродвигун, забезпечивши надійність та довговічність його роботи в складних умовах.

1. Авторське свідоцтво СРСР № 1832244, МПК G05Y 11/01, 1993 р.

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ДВУХЭЛЕКТРОДНОЙ СИСТЕМЫ

Титаренко А.В., *студент*; Панченко А.В., *студент*;
Петровский М.В., *доцент*

При проектировании электродных систем сложной конфигурации зачастую решается вопрос оптимизации распределения электрического поля в межэлектродном пространстве с целью уменьшения габаритных размеров или улучшения эксплуатационных характеристик. Аналитические методы расчета электростатического поля применяются только при относительно простых формах электродов, поэтому разработка методики моделирования сложных электродных систем на основе численных методов является актуальной задачей.

Для нахождения распределения электрического поля, в координатной плоскости x, y, z , создаваемого набором электродов с реальной конфигурацией, которые находятся под заданным потенциалом, они рассматриваются как совокупность треугольников, охватывающих контур электродов.

Для создания модели шарового разрядника предлагается использовать компьютерную программу типа 3D Studio Max, которая позволяет максимально точно моделировать трехмерные объекты любой сложности при удобном визуальном контроле и проводить их дальнейшую обработку. После завершения создания трехмерной модели с оптимальной сеткой на электродах 3D Studio Max позволяет экспортировать в файл наборы вершин треугольников, используемые далее при определении структуры электрического поля.

После задания набора вершин треугольников рассчитывается плотность зарядов на их поверхностях методом зарядовой плотности, который предполагает отыскание решения задачи, удовлетворяющего граничным условиям не во всей области, а лишь в конечном наборе точек (в вершинах треугольников, определенных ранее).

Распределение поверхностной плотности зарядов на этих треугольниках аппроксимируется кусочно-линейной функцией. На границах соседних треугольников поверхностная плотность непрерывна, а ее производные имеют разрыв. Суть математической модели заключается в том, что в процессе решения находится такой

вид распределения поверхностной плотности, при которой выполняются краевые условия (значение потенциалов на электродах) в точках, которые являются вершинами треугольников.

Для расчета распределения напряженности электрического поля между двумя электродами реальной конфигурации, была создана программа Laplas3d, которая реализована в среде программирования Delphi. Результат работы программы для системы сферических электродов радиусом $R=1$ см, расположенных на расстоянии $S=1$ см показан на рис. 1.

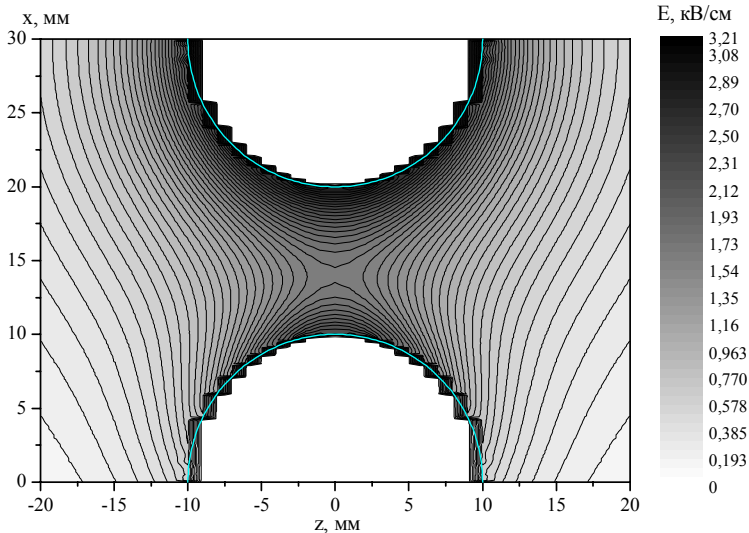


Рисунок 1 – Диаграмма напряженности электрического поля

Решение трехмерной задачи позволило выявить особенности распределения напряженности поля между электродами даже для простейшей ее конфигурации: двухэлектродной со сферическими электродами. Установлено, что учет трехмерной конфигурации электродов позволил обнаружить локальное увеличение напряженности электрического поля у положительно заряженного электрода.

ТОНКОПЛІВКОВІ ГЕТОРОПЕРЕХОДИ ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА СОНЯЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТА ЇХ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ

Косяк В.В., *ст. викл.*

Однією з основних задач на шляху розвитку сонячної енергетики являється пошук нових матеріалів та структур, які б дозволяли підвищити ефективність роботи сонячних елементів та знизити їх собівартість. З цієї точки зору перспективним виглядає використання нових структур на основі тонких плівок (ZnS(Te), CdTe).

У роботі досліджена можливість використання плівок ZnS як альтернативний буферний шар, а шарів ZnTe, як омичний контакту до поглинаючого шару CdTe. З цією метою використовуючи метод сублімації у замкненому об'ємі при різних умовах вирощування були отримані тонкоплівкові гетеросистеми ITO/ZnS/CdTe та Mo/CdTe/ZnTe.

Для вивчення фазового складу, структурних і субструктурних особливостей багатошарових систем були проведені дифрактометричні дослідження. Аналіз морфології поверхні конденсатів та сколів зразків дозволив визначити механізми росту плівок в багатошарових структурах.

Механізми зарядопереносу у структурах ITO/ZnS/CdTe/Ag та Mo/CdTe/ZnTe/Ag були визначені за результатами аналізу темнових вольт-амперних характеристик при різних температурах вимірювання. Це дозволило визначити коефіцієнти ідеальності гетеропереходів, їх струми насичення, висоту потенціальних бар'єрів та механізми струмоперенесення. Встановлено, що при напругах зміщення н гетеропереході $U < 0,5$ В реалізується емісійно-рекомбінаційний механізм перенесення носіїв струму, який при $U > 0,5$ В змінюється тунельно-рекомбінаційним.

У результаті визначений зв'язок між режимами отримання гетеросистем, структурними характеристиками шарів та електрофізичними параметрами гетероперехідів.

Отримані результати дозволили визначити оптимальні режими нанесення плівок халькогенідів для створення ефективних сонячних перетворювачів ITO/n-ZnS/p-CdTe/p⁺-ZnTe/Cu(Ag).

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІДПРИЄМСТВ З ДОПОМОГОЮ РАДІАЛЬНО-БАЗИСНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Ноздренков В.С., *доцент*, Мошенський І.В., *інженер*

При прогнозуванні електричних навантажень промислових підприємств (ПП) використовуються самі різноманітні типи штучних нейронних мереж (ШНМ) : багатошаровий персептрон, самоорганізовані нейронні мережі та ін. В кожного типу ШНМ при прогнозуванні є свої недоліки та переваги. В даній роботі запропоновано прогнозування з допомогою радіально-базисних нейронних мереж (РБМ). Даних тип мереж має фіксовану структуру з одним захованим шаром нейронів та лінійними вихідними нейронами. Вихідний сигнал РБМ з внутрішнім шаром в k нейронів має вигляд :

$$F(x) = \sum_{i=1}^K w_i \varphi(\|x - c_i\|), \quad (1)$$

де c_i ($i = 1, 2, \dots, K$) – центри, котрі необхідно визначити; $\varphi(\|x - c_i\|)$ – радіальні функції; w_i – вагові коефіцієнти.

Центри та вагові коефіцієнти визначаються при навчанні РБМ, коли є конкретні дані, в даному випадку – база даних півгодинних навантажень ПП. Після навчання РБМ здатна прогнозувати. Графік результату прогнозування наведений на рис. 1. В результаті середньо-арифметична по- милка прогнозування $\delta = 0.7708$ %.

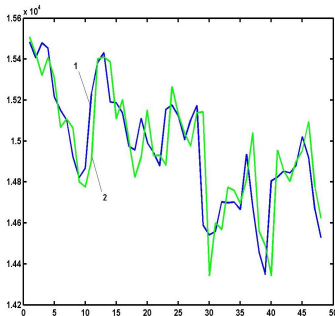


Рис.1. Реальний (1) та спрогнозований (2) ряди напівгодинних навантажень ПП з неперервним циклом виробництва для випадку :

- кількість точок предісторії – 8 ;
- кількість нейр. внутрішнього шару -66;

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ БЕЗДРОТОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Василега П.О., *доцент*; Муріков Д.В., *доцент*; Карпуша В.О., *студент*

Основи теорії і перші досліді з бездротової передачі електричної енергії були розроблені і проведені наприкінці ХІХ століття сербським вченим Ніколою Теслою. В розробленій ним установці передача електричної енергії без проводів з використанням «теслівських процесів» здійснювалась за рахунок струмів зсуву через ємності середовища між антенами джерела і приймача.

До цього часу теорія бездротового методу передачі електроенергії знаходиться в стадії становлення. Прикладів експериментального підтвердження можливості бездротової передачі електроенергії є багато. При цьому використовувались різні способи: завдяки використанню електромагнітної індукції, резонансних явищ, електромагнітного випромінювання, передачі електроенергії по спеціальному створеному провідному каналу тощо.

Бездротовий спосіб передачі електроенергії в порівнянні з традиційним дротовим має такі основні переваги:

- можливість передачі електроенергії в герметичні або важкодоступні місця;
- можливість передачі електроенергії мобільним об'єктам;
- відсутність елементів, що з'єднують джерело та приймач електроенергії та конструкцій для їх кріплення та з'єднання;

Останнім часом все більше проявляється зацікавленість не лише в теоретичному обґрунтуванні процесів при бездротовій передачі електричної енергії, а й спробі практичного втілення такого методу передачі енергії. Це пов'язано, в першу чергу, з потребою в передачі електричної енергії без проводів на невеликі відстані, наприклад, для підзарядки акумуляторів різних пристроїв сучасної медицини (кардіостимулятори тощо). Особливий інтерес мають спроби передачі великих об'ємів енергії на великі відстані.

На кафедрі електроенергетики СумДУ проводяться роботи по теоретичному обґрунтуванні методу бездротової передачі електроенергії, розрахунку параметрів, виготовленню лабораторної установки та проведенню експериментальних досліджень на ній.

**МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ**

Романовський В.І., *доцент*; Овчаренко Д.М., *студент*

Так звана інтелектуальна електрична мережа - це якісно новий стан електричної мережі, який характеризується об'єднанням на інформаційному та технологічному рівнях обладнання електричних мереж, споживачів і виробників електроенергії в єдину систему.

Визначення оптимального режиму роботи інтелектуальної електричної мережі є актуальною задачею, оскільки саме у такому режимі забезпечуються найліпші показники енергоефективності та надійності роботи мережі взагалі та кожного із споживачів окремо.

У якості об'єкту досліджень використовувалася модель розподільчої електричної мережі напругою 10кВ. Ця модель була реалізована за допомогою програмного комплексу Matlab. Досліджувалися показники якості електричної енергії споживачів мережі та втрати електричної енергії в залежності від поточного режиму роботи системи електропостачання.

За результатами досліджень було встановлено, що найбільш суттєвий вплив на показники якості електричної енергії має режим роботи центру живлення розподільчої мережі та закони регулювання напруги, які застосовуються в мережі. Найбільш суттєвий вплив на втрати електричної енергії в мережі мають режими роботи споживачів, а саме коефіцієнт потужності, коефіцієнт несинусоїдальності або коефіцієнт нелінійності споживача.

Проведені дослідження показали, що для вибору оптимального режиму роботи електричної мережі взагалі потрібно аналізувати всі параметри режиму роботи мережі у реальному часі. Для вирішення цієї задачі пропонується застосувати розгалужену систему датчиків, заснованих на відкритих стандартах. Інтелектуальна електрична мережа повинна автоматично реагувати на всі зміни, що відбуваються в мережі, ухвалюючи оптимальні розв'язки для запобігання аварій і здійснення енергопостачання з максимальною надійністю й економічною ефективністю.

Подальший розвиток досліджень може бути використаний при модернізації існуючих електричних мереж та при розробці сучасних інтелектуальних електричних мереж.

СЕКЦІЯ 7

«ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ І ЗАСОБИ КОДУВАЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ»

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО КОНТРОЛЛЕРА В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Лопатченко Б.К., *доцент*; Герасимов С.С., *студент*

Современный рынок контроллеров и программно-технических комплексов (ПТК) весьма разнообразен. Выбор наиболее приемлемого варианта автоматизации представляет собой многокритериальную задачу, решением которой является компромисс между стоимостью, техническим уровнем, надежностью, комфортностью, затратами на сервисное обслуживание, полнотой программного обеспечения и многим другим.

Поэтому важно выделить основные характеристики и свойства комплексов контроллеров и ПТК, на основании которых можно сделать выбор при построении системы управления.

В качестве таких характеристик можно предложить пять обобщенных показателей: характеристика процессора, характеристика каналов ввода/вывода, поддерживаемых контроллерами, коммуникационные возможности, условия эксплуатации данного контроллера, программное обеспечение.

Выбор контроллера для разрабатываемой системы необходимо производить с учетом приведенных выше критериев, а также специфики технологического процесса. Во время непрерывной подготовки нефти и попутного газа, требуется контролировать и регулировать множество параметров различных технологических установок и оборудования. Чтобы организовать систему сбора и управления технологическим процессом на основе одного контроллера (процессора), необходимо выбрать соответствующий контроллер, способный обрабатывать требуемое число как дискретных, так и аналоговых сигналов.

В связи с вышеперечисленным, был рассмотрен класс контроллеров, обладающих высокой вычислительной мощностью и способностью обрабатывать десятки тысяч переменных. Именно этот класс контроллеров широко применяется в настоящее время при автоматизации непрерывных технологических процессов (переработка нефти и газа).

Проведя широкий анализ существующих в настоящее время контроллеров данного класса, можно выделить наиболее известные и зарекомендовавшие себя на мировом рынке фирмы-производители: ControlLogix (Allen-Bradley), Simatic S7-400 (Siemens), Fanuc 90-70 (GE Fanuc), VME (PEP Modular Computers). Все перечисленные контроллеры обладают высокими показателями надежности, быстродействия, а также рядом других показателей необходимых для построения системы автоматизации.

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ПОРОЖДЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕСТАНОВОК

Борисенко А.А., *профессор*; Горячев А.Е., *аспирант*;
Рудько А.Н., *студент*

При решении задач комбинаторной оптимизации часто возникает необходимость получения множества решений с целью выбора наилучшего из них [1]. Перебор всех возможных решений даёт лучший результат, однако при этом требует значительного времени. Для ускорения поиска решения разработан ряд методов, дающих результат, приближённый к наилучшему. Такие методы используют ограничения, сужающие область генерируемых решений [1].

Для получения искомого множества решений используются перестановки. Существующие методы порождения всех возможных перестановок не подходят для поиска решения в ограниченной области, так как не позволяют получать перестановки в произвольном порядке. С другой стороны, известные методы преобразования номера в перестановку обладают невысоким быстродействием.

Повысить скорость получения последовательности перестановок можно, используя для порождения следующей перестановки элементы предыдущей. В перестановках с близкими по значению номерами расположение части элементов может совпадать. Следовательно, зная предыдущую перестановку, можно сгенерировать следующую значительно быстрее. Для этого нужно взять совпадающие элементы из предыдущей перестановки, а оставшиеся элементы сгенерировать, используя её номер. Необходимыми условиями применения метода являются известное число элементов перестановок, расположение которых совпадает, а также возможность генерировать перестановку, начиная с произвольного её элемента. Этим требованиям отвечает алгоритм генерации перестановок на основе факториальных чисел [2].

Использование предложенного метода позволяет получить значительный прирост быстродействия, увеличивающийся с ростом длины перестановок.

1. John D.C. Little, *Operations Research* **11**, 972 (1963).
2. О.А. Борисенко, І.А. Кулик, О.Є. Горячев, *Вісник СумДУ. Серія: Технічні науки* **1**, 183 (2007).

ОПТИМАЛЬНОЕ КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕРАВНОМЕРНЫХ БИНОМИАЛЬНЫХ КОДОВ

Борисенко А.А., *профессор*; Маценко С.М., *студент*

Оптимальное кодирование широко используется для повышения скорости передачи информации. Однако методы такого кодирования не позволяют строить коды с равномерной структурой.

Одним из путей повышения регулярности структуры таких кодов является использование неравномерных кодов, к которым следует отнести неравномерные биномиальные коды [1]. Пример такого кода для параметров $n = 6$ и $k = 4$ приведен ниже в таблице 1.

Таблица 1 – Неравномерные биномиальные числа

№	Биномиальный код	№	Биномиальный код
0	00	8	10111
1	010	9	1100
2	0110	10	11010
3	01110	11	11011
4	01111	12	11100
5	100	13	11101
6	1010	14	1111
7	10110		

В данном случае параметр k представляет собой число единиц, а параметр n – длину кодовых комбинаций.

Очевидно, что для каждой неравномерной кодовой комбинации можно найти соответствующую ей вероятность. Эти вероятности в совокупности должны равняться единице и определять вероятности множества сообщений, для которых код является оптимальным.

Суть решения задачи оптимального кодирования сводится к подбору комбинаций биномиального равномерного кода, вероятности которых соответствовали бы вероятностям сообщений.

1. А.А. Борисенко, *Введение в теорию биномиального счета* (Сумы: Университетская книга: 2004).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ

Новгородцев А.И., *доцент*; Ефимов И.М., *студент*

Энергия ветрогенератора (ВГ), практически во всех ветроустановках (ВУ) фиксируется на определённом постоянном уровне, обычно задаваемом токоограничительным уровнем установки. Возможен вариант, что энергия, генерируемая ВУ меньше заданного уровня. В таком случае преобразования не происходит, и установка переходит в режим ожидания. Так как область постоянно действующих ветров не стабильна, то мощность ВГ необходимо устанавливать на уровне, который способен обеспечить функционирование установки на нижних границах диапазона изменения скорости ветра. Это обеспечит постоянную работоспособность ВУ. Но при скоростях ветров, которые находятся на верхних границах диапазона изменения скорости, снижается эффективность использования ВУ.

Для более высокой эффективности использования энергии ВГ предлагается система управления преобразователя с переменным уровнем отбираемой мощности. Этот уровень зависит от мощности, которую ВГ обеспечивает в данный момент. На функциональном уровне предложенная система включает в себя непосредственно генератор, стабилизатор напряжения и инвертор, ведомый сетью. На вход инвертора подаётся постоянное напряжение и задание на мощность, отдаваемую в сеть. Инвертор на выходе подключается к сети и инвертирует энергию в сеть.

Для обеспечения работы инвертора необходимо поддерживать постоянное напряжение. Стабилизатор обеспечивает постоянное выходное напряжение при широких пределах изменения входного напряжения, который выполнен по принципу бустерной схемы. С учётом этих требований силовая часть стабилизатора выполняется по бестрансформаторной схеме с одной общей индуктивностью. Данная схема работает в режимах повышения или понижения напряжения, в зависимости от изменения напряжения на входе стабилизатора.

Работоспособность и эффективность системы подтверждаются результатами моделирования.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ОБЪЕКТОВ

Новгородцев А.И., *доцент*; Шутилева О.В., *студент*

Как правило, объекты управления (ОУ) находятся в условиях начальной неопределённости, когда их параметры либо заранее известны, либо вообще не могут быть определены до начала функционирования. В связи с этим возникает необходимость оценивать параметрическое состояние ОУ в классе стационарных систем. Потому, для решения этой задачи необходимо разработать метод синтеза системы идентификации состояния нестационарного ОУ в условиях неопределённости априорных сведений об изменении его параметров. Исследуемые процессы можно представить в классе стационарных динамических систем, поведение которых, описывается нестационарным дифуравнением. Синтезируя систему идентификации данного динамического процесса, получен алгоритм работоспособности, обеспечивающий необходимое качество оценки параметров на выбранном участке квазистационарности.

Минимизируя функционал идентификации по настраиваемому параметру, находим структуру системы идентификации и её алгоритм функционирования. Полученная система уравнений при этом представляет собой математическую модель и алгоритм функционирования системы идентификации динамического процесса. Решение задачи оценки параметров рассматриваем, как многошаговый итерационный процесс присущий классу стационарных систем. Смысл решения этой задачи заключается в том, что необходимый параметр исследуемого объекта идентифицируется контуром самонастройки в дискретные моменты времени, таким образом, чтобы минимизировать критерий идентификации

$$[n \cdot T_n, (n + 1) \cdot T_n, \dots, (n + k) \cdot T_n] \ll T_0,$$

зависящий от ошибки рассогласования выходных сигналов объекта и его модели на интервале квазистационарности.

Полученные экспериментальные результаты подтверждают работоспособность системы параметрической идентификации на основе полученного алгоритма.

ПОСТРОЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНЫХ БИНОМИАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ С ПРОВЕРКОЙ НА ЧЕТНОСТЬ

Борисенко А.А., *профессор*;
Петров В.В., *аспирант*; Солярова К.М., *студент*

В данной работе рассматривается метод представления двоичных биномиальных чисел в виде так называемых двоичных матричных биномиальных чисел [1]. Полученные таким образом числа благодаря содержанию в них естественной избыточности и регулярности своей структуры позволяют строить различные быстродействующие компоненты цифровых устройств, такие, например, как счетчики, регистры или преобразователи кодов [2]. Кроме того, в силу наличия запрещенных состояний, вызванных информационной избыточностью, полученные компоненты с помощью специальных устройств обнаруживают их и тем самым позволяют контролировать наличие сбоев непосредственно в процессе обработки ими информации.

Матричные биномиальные числа, хотя и содержат достаточно большую избыточность, позволяют обнаруживать только часть однократных, двукратных и т.д. ошибок. Это объясняется тем, что для таких чисел минимальное кодовое расстояние равно единице. Для обнаружения всех однократных ошибок был разработан метод повышения помехоустойчивости, использующий контроль по четности каждой из двоичных строк матрицы, представляющей матричное биномиальное число. Для этого в конце каждой ее строки добавляется один проверочный разряд таким образом, чтобы общее число единиц в каждой из строк матрицы оставалось четным. При этом минимальное кодовое расстояние становится равным двум. Достоинством данного кода является способность обнаруживать все одиночные ошибки и прирост количества обнаруживаемых ошибок более высокой кратности.

1. А.А. Борисенко, *Вестник СумГУ* 1 No11, 51 (2003).
2. А.А. Борисенко, В.В. Петров, *АСУ* 1 No148, 8 (2009).

PLC-КОММУТАТОР ДЛЯ «УМНОГО ДОМА»

Арбузов В.В., *ст. преп.*; Бережная О.В., *доцент*;
Гашенко Ю.А., *студент*

В настоящее время все большее распространение получают автоматизированные системы управления жизнеобеспечением зданий, требующие для своего создания распределенной системы передачи данных. Одной из основных причин, сдерживающих развитие этих технологий, известных как технология «умный дом», является не только их высокая стоимость, но и отсутствие в существующих зданиях необходимой инфраструктуры передачи информации.

Поэтому, одним из направлений удешевления и распространения этой технологии является направление создания малобюджетной структурообразующей сетевой аппаратуры с использованием новых технологий передачи данных по силовым линиям существующей системы электроснабжения зданий.

С этой целью целесообразно создание коммутатора, который бы поддерживал технологию Power Line Communication (PLC) передачи данных по силовому кабелю электрических сетей.

Основой технологии Power Line является использование частотного разделения сигнала с последующим его частотным мультиплексированием и модуляцией, что позволяет обеспечить скорость передачи данных около 100 Мб/с.

Для обеспечения надежности передачи данных при возникновении затуханий в электрической сети или при возникновении импульсных помех используются соответственно методы динамического включения и выключения передачи данных с мониторингом фактов возникновения затуханий и применением блочных кодов Рида-Соломона и простого сверточного кода, декодируемого по алгоритму Витерби, что позволяет исправлять пакеты ошибок и обеспечивает высокую степень целостности передаваемых данных.

Появление специализированных микросхем в значительной степени упростит разработку малобюджетных PLC-коммутаторов, удешевляющих и упрощающих внедрение технологий «умный дом», что позволит в значительной степени сократить затраты на жизнеобеспечение зданий за счет поддержания на оптимальном уровне соотношения «количество энергоресурсов/комфорт».

ПРИМЕНЕНИЕ JAVA-АППЛЕТА В СИСТЕМАХ АСКУЭ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ GPRS СВЯЗИ

Арбузов В.В., *ст. преп.*; Сливченко А.В., *студент*

При построении автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) одной из актуальных задач является построение надежных и экономичных информационных каналов между электронными счетчиками электроэнергии и оборудованием верхнего уровня.

Максимальная скорость передачи данных по одному голосовому каналу GSM (режим CSD) составляет 9600 Кбит/с, а многоканальный режим HSCSD – 19200 Кбит/с и выше. К недостаткам использования голосового канала GSM можно отнести значительную стоимость пересылки килобайта информации и время организации сеанса связи между модемами при передаче малых объемов данных.

Наиболее оптимальный способ передачи данных по сети GSM — применение технологии GPRS. Главной ее особенностью является возможность постоянного подключения абонента к сети, т. е. наличие активного виртуального канала связи, при этом абонент не занимает физический канал постоянно, как при режимах CSD и HSCSD, и поэтому платит только за трафик, а не за все время сеанса связи.

Применение java-апплетов в GSM-модемах позволяет организовывать беспроводную GPRS связь с электронными счетчиками электроэнергии, имеющими интерфейс RS-232/RS-485.

Java-апплет устанавливает соединение с сервером, имеющим заданный статический IP-адрес в сети Интернет и до перезапуска или разрыва соединения формирует прозрачный канал данных между COM-портом модема и TCP-портом сервера, буферизирует запросы к счетчику и ответы от него, предотвращает разрыв соединения при тишине в канале связи.

Анализ показал, что наиболее эффективным решением для снятия показаний с удаленного оборудования в системах АСКУЭ будет применение GSM-модем с использованием в качестве основного режима передачи GPRS-сеансы, а в качестве резервного — режим CSD, что позволит повысить надежность передачи данных и обеспечить экономию средств на оплату информационного трафика.

ПРИМЕНЕНИЕ РАВНОВЕСНЫХ КОДОВ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Бережная О.В., *доцент*; Арбузов В.В., *ст. преп.*;
Смык М.В., *студент*; Бережной А.И., *студент*

Одной из актуальных задач при построении систем телемеханики является выбор эффективных алгоритмов помехоустойчивого кодирования для несимметричных и нестационарных каналов связи. Для решения этой задачи необходимо исследовать помехоустойчивость равновесного кода, провести сравнение равновесного кода с другими помехоустойчивыми кодами, определить области эффективного применения равновесных кодов.

Для получения выводов об областях целесообразного применения различных помехоустойчивых кодов проведено сравнение равновесных кодов с циклическими и с кодами с проверкой на четность. Сравнение проводилось по вероятности необнаружения ошибок при изменяющемся уровне помех в канале связи, характере и степени его асимметрии.

Проведенное сравнение кодов позволяет сделать вывод, что равновесные коды имеют области применения, в которых они не уступают по помехоустойчивости циклическим кодам. Полные равновесные коды могут эффективно применяться в системах телемеханики, АСУТП, ИУС, ИИС при относительно невысоких требованиях к информационной надежности (максимально допустимое значение вероятности необнаружения ошибок V_{\max} порядка 10^{-3} - 10^{-5}) и высоких требованиях к скорости передачи измерительной и управляющей информации. Учитывая высокие требования действующих стандартов по локальным вычислительным сетям к величине V_{\max} (порядка 10^{-14}), в них могут найти эффективное применение полные равновесные коды лишь при высокой помехозащищенности, линии связи в которых выполняются в виде оптоволоконных кабелей (вероятность искажения разряда p , порядка 10^{-9} и менее). Для каналов телемеханики, как правило асимметричных, целесообразно применение специально сформированных наборов равновесных кодовых комбинаций с малой мощностью.

СВОЙСТВО АДАПТИВНОСТИ РАВНОВЕСНЫХ И КВАЗИРАВНОВЕСНЫХ КОДОВ НА ОСНОВЕ БИНОМИАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

Скордина Е.М., *аспирант*; Вовк Д.А., *студент*

Важным свойством, которое предъявляют к современным системам кодирования является свойство адаптивности к требуемому уровню помехозащищенности. Поэтому актуальной является задача разработка новых методов синтеза кодов, позволяющих адаптироваться к требованиям канала.

В работе предлагаются к рассмотрению методы генерирования равновесных и квазиравновесных кодов на основе двоичных биномиальных чисел. Разработанные методы позволяют достаточно просто реализовать на основании свойства суммирования и симметрии биномиальных коэффициентов:

$$C_n^k = C_{n-1}^k + C_{n-1}^{k-1}, \quad C_n^k = C_{n-k}^k$$

алгоритмы адаптивного кодирования, которые позволяют с меньшими аппаратно-программными затратами получать коды большей мощности.

На основании указанных свойств биномиальных коэффициентов путем достаточно простых преобразований над равновесными и квазиравновесными комбинациями с параметрами $(n-1, k)$ и $(n-1, k-1)$ и $(n-1, k, k-1)$ и $(n-1, k-1, k-2)$, можно осуществить переход от двух множеств C_{n-1}^k и C_{n-1}^{k-1} меньшей мощности к множеству C_n^k с параметрами n, k – для равновесных и $n, k, k-1$ – для квазиравновесных кодов, большей мощности, причем такой переход возможен и в обратную сторону.

Рассматриваемое свойство адаптивности равновесных и квазиравновесных кодов, основанное на свойствах симметрии и суммирования биномиальных коэффициентов позволяет достаточно просто реализовать адаптивные к уровню помех в канале системы кодирования.

Руководитель: Кулик И.А., *доцент*

ОЦІНКА ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТИСКУ ЗВУКОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Крючко Є.В., *аспірант*; Зубань Ю.А., *доцент*

Проблема оцінки якості стиску звукової інформації (далі ЗІ) достатнього гостро постала в аспектах сучасного розвитку інформаційних систем. Алгоритм оцінки якості дозволяє адекватно враховувати особливості людського слухового апарату створювати адаптивні кодеки. Розроблено величезну кількість алгоритмів стиску аудіоданих втім оцінка характеристик останніх досить відносна, бо дуже складно описати математично психофізичні характеристики людського апарату слуху. Найбільш поширеною є оцінка інтегральної спектральної характеристики різниці початкового сигналу та сигналу який пройшов процес кодування-декодування.

Втім дана методика не завжди адекватно вказує на якісні характеристики сигналу, зважаючи на частотну нелінійність та різну чутливість людського слуху на спотворення різної природи а також практичну неможливість усунути спотворення на вихідній аналоговій частині системи відтворення звуку. Крім того технічно важко досліджувати форму звукового сигналу, особливо в дискретному вигляді. Найбільш доцільною в даному випадку є оцінка спектральних складових звукового сигналу. Людський слух значно сильніше відчуває непарні частотні гармоніки основного тону, - для музичних творів це явно виражена музична тональність (наприклад нота А – 440 Гц) а для голосу певна гармоніка, що характеризує тембр голосу диктора. Непарні ж складові спектру зазвичай менше сприймаються людиною як спотворення сигналу, а в деяких випадках, навіть приємні на слух. Крім того функція розподілу непарних гармонік згідно з теорією хвиль нисхідна, тобто кожна наступна гармоніка має меншу амплітуду, ніж попередня.

Для дослідження методів оцінки якості стиску ЗІ використовувався професійний звуковий аналогово-цифровий перетворювач із відомою характеристикою, що дало змогу значно зменшити інструментальну похибку. Уся обробка та аналіз сигналу відбувався програмно, а також порівнювався з даними аналогового вимірювача коефіцієнта гармонік.

В результаті роботи отримано результати, що вказують на доцільність використання для дослідження та оцінки якісних характеристик стиску звукової інформації запропонованої методики, а також виведено математичні залежності, що дають можливість краще оцінювати якість стиску ЗІ та враховувати аспекти людського слухового сприйняття. Отримані результати в подальшому доцільно використовувати при побудові систем оцінки якості стиску ЗІ а також для адаптивних алгоритмів стиску аудіоданих.

ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ДЕШИФРАТОРА

Гутенко Д.В., аспирант

Сегодня, в цифровой технике одним из важных критериев качества является помехоустойчивость устройств. Поскольку дешифраторы являются важным элементом различных устройств, таких как мультиплексоры, формирователи импульсов и др., то увеличение помехоустойчивости такого устройства имеет значение для большого количества устройств различного назначения. Одним из распространённых методов повышения помехоустойчивости является анализ информации на выходах устройства на наличии ошибок. Если основной задачей является достижение максимальной помехоустойчивости дешифратора, то наиболее рациональным выходом будет выбор схемы защиты от ошибок, которая бы могла определить наибольшее количество ошибок среди всех возможных. Полученная схема обеспечивает наиболее высокую обнаруживающую способность и при этом обладает удовлетворительным быстродействием и требуемыми аппаратурными затратами. Был предложен вариант многоступенчатой схемы обнаружения ошибок, которая состоит из повторяющихся блоков с двумя выходами, реализующими функции:

$$\begin{cases} Q_n = Q_{n-1}^1 T_{n-1}^2 + Q_{n-1}^2 T_{n-1}^1 \\ T_n = T_{n-1}^1 T_{n-1}^2 \end{cases},$$

где Q_n, T_n – функции выходов блока, $T_{n-1}^1, Q_{n-1}^1, T_{n-1}^2, Q_{n-1}^2$ – функции выходов блоков предыдущей ступени.

На входы блоков первой ступени поступает информация с выходов дешифратора.

Данные, полученные в результате сравнения с существующими схемами обнаружения ошибок на выходах дешифратора, свидетельствуют, что синтезированная схема обладает более высокой способностью обнаружения ошибок, и при этом имеет сопоставимые параметры быстродействия и аппаратурных затрат по отношению к аналогам.

КОМПАКТНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ТАБЛИЦЫ БИНОМИАЛЬНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ

Вовк Д.А., студент

При реализации методов кодирования, генерирования и сжатия с использованием комбинаторных объектов возникает необходимость нахождения значений биномиальных коэффициентов C_n^k . Наиболее быстродействующий и простой в реализации способ получения чисел сочетаний заключается в хранении всех значений в памяти программы или устройства в виде таблицы, где параметру n соответствует строка, а параметру k – столбец. Для максимального значения n равного N таблица будет содержать N строк и N столбцов. Размер одной ячейки памяти будет составлять N бит (так как $\log C_n^k < N$). Однако при достаточно большой величине N таблица всех значений биномиальных коэффициентов будет занимать значительный объем, в связи с чем актуальной является задача компактного представления таблицы с целью уменьшения объема используемой памяти для хранения чисел сочетаний.

Для решения поставленной задачи можно воспользоваться некоторыми свойствами биномиальных чисел. Первой особенностью биномиальных коэффициентов является то, что параметр k лежит в диапазоне от 0 до n . Следовательно, количество всех чисел сочетаний при $\max(n) = N$ будет составлять $N(N + 1)/2$. Вторым важным свойством биномиальных коэффициентов является свойство симметрии:

$$C_n^k = C_n^{n-k}. \quad (1)$$

Кроме того можно воспользоваться заведомо известными значениями $C_n^0 = C_n^n = 1$ и $C_n^1 = C_n^{n-1} = n$.

Использование указанных свойств биномиальных чисел позволяет уменьшить объем используемой памяти для хранения таблицы биномиальных коэффициентов более чем в четыре раза.

Руководитель: Костель С.В., ассистент

Наукове видання

ФІЗИКА, ЕЛЕКТРОНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

ФЕЕ - 2011

**МАТЕРІАЛИ
та програма**

НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

(Суми, 18-22 квітня 2011 року)

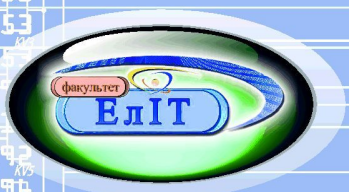
Відповідальний за випуск декан ф-ту ЕлІТ	доцент	С.І. Проценко
Комп'ютерне верстання	доцента	Т.В. Лютого
Дизайн обкладинки	доцента	Т.В. Лютого
Відповідальний редактор	доцент	Т.В. Лютий

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60 × 84/16. Ум. друк. арк. 8,36 Обл.-вид. арк. 5,61 Тираж 80 пр.

Зам. №

Видавець та виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Р.-Корсакова, 2, м. Суми, 40007,
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи ДК №3062 від 17.12.2007 р.



03 5, 7403
 53 3, 7253
 53 3, 7253
 91 2, 70
 14 2, 85
 72 2, 33
 96 2, 83
 51 2, 153
 78 2, 027
 71 3, 71
 35 5, 3035
 26 2, 48726
 03 7, 805
 04 1, 3, 603
 53 1, 4, 053
 56 6, 7756
 92 3, 7392
 71 7, 0571
 89 1, 0, 409
 91, 41, 4691
 53 2, 8153
 57 1, 3, 47
 75 8, 1575
 53 1, 4, 053
 14 6, 514
 71 3, 71
 03 5, 7403
 26 6, 8126
 83 5, 7403
 54 1, 4, 253
 53 3, 7253
 91 2, 7091

