

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, к. ф.-м. н., доцента Дроздова А. М.

на дисертаційну роботу Хрипунової Ірини Василівни

«ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ І ФОТОЧУТЛИВІ ПРИЛАДОВІ СТРУКТУРИ НА ОСНОВІ НАНОСТРУКТУРОВАНИХ ШАРІВ НЕЛЕГОВАНОГО І ЛЕГОВАНОГО ІНДІЄМ ОКСИДУ ЦИНКУ І ЇХ НАНОКОМПЗИТИВ»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

Тонкі наноструктуровані шари оксиду цинку (ZnO) і його твердих розчинів, а також нанокмпозити на їх основі є багатофункціональними матеріалами, одними з найперших за рівнем використання в сучасній електроніці, оптоелектроніці та лазерній техніці. Актуальність проведення даного дисертаційного дослідження полягає у створенні нових радіаційно-стійких і механічно стабільних фоточутливих функціональних матеріалів і приладових структур гнучкої оптоелектроніки і термоелектрики із використанням недорогих і придатних для масового виробництва гідрохімічних методів виготовлення наноструктурованих шарів оксиду цинку як нелегованого, так і легованого індієм (ZnO:In), та їх композитів із біополімером наноцелюлозою та наночастинками срібла на поверхні твердих і гнучких плівкових підкладок та тканин.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертація виконувалась відповідно до наукової програми 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», яка була впроваджена на кафедрі мікро- та наноелектроніки Навчально-наукового інституту комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики НТУ «ХПІ». Основні результати було отримано під час виконання планової держбюджетної теми «Фізичні основи створення металевих матеріалів та напівпровідникових приладових структур для ядерної, термоядерної та позаатмосферної

геліоенергетики» (номер державної реєстрації 0118U002049, строк виконання 01.01.2018 – 31.12.2020) і проєкту конкурсу «Підтримка досліджень провідних та молодих учених», який рекомендовано до реалізації за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України «Розробка експериментального зразка носимого тонкоплівкового термоелектричного генератора з наноструктурованими напівпровідниковими шарами p-CuI і n-ZnO на тканевій і полімерній гнучки: основах» (номер державної реєстрації 0120U105127, строк виконання 02.11.20 – 15.12.21). У наведених вище науково-дослідних роботах автор дисертації брала участь як виконавець.

3. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Робота Хрипунової І. В. є завершеною науковою роботою, містить дві анотації – українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, висновки, список літератури і додатки.

Об'єктом дослідження є термоелектричні і фоточутливі приладові структури на основі виготовлених гідрохімічними методами наноструктурованих шарів нелегованого і легovanого індієм оксиду цинку на твердих і гнучких підкладках і їх нанокompозитів із наночастинками срібла і біополімером наноцелюлозою.

В результаті виконання дисертаційної роботи було розроблено гідрохімічні методи виготовлення наноструктурованих плівок ZnO і ZnO:In із високою стійкістю до впливу обробки водневою плазмою тліючого розряду, до високих доз опромінення електронним пучком і до жорсткого ультрафіолетового опромінення. Визначено етапи технологічного процесу, які забезпечують оптимальні термоелектричні властивості наноструктурованих плівок ZnO і ZnO:In на гнучких підкладках. Досліджено умови надання вкритим наноструктурованими плівками ZnO:In тканинам супергідрофобних властивостей і показано вплив ультрафіолетового опромінювання на водовідштовхувальні властивості

такого текстилю. Досліджено вплив локалізованого поверхневого плазмонного резонансу та подвійних бар'єрів Шоттки на межі Ag-ZnO на fotocутливість виготовлених гідрохімічними методами гнучких приладових структур для фотодетекторів фоторезистивного типу відносно ультрафіолетового, видимого і ближнього інфрачервоного світла.

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють результати дослідження як вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури містить 183 джерел, широко охоплює предметне поле дослідження, повністю відображає опрацювання автором значної кількості наукових робіт світового рівня за тематикою дисертації.

Додатки містять Акт передачі та використання науково-технічних результатів дисертаційного дослідження шляхом впровадження у технологічний процес Товариством з обмеженою відповідальністю «МИНЕНЕРГОКОМ» (м. Харків).

4. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному. Розроблено гідрохімічні методи виготовлення наноструктурованих плівок ZnO і ZnO:In із високою стійкістю до впливу обробки водневою плазмою тліючого розряду, до високих доз опромінення електронним пучком і до жорсткого ультрафіолетового опромінення. Визначено етапи технологічного процесу, які забезпечують оптимальні термоелектричні властивості наноструктурованих плівок ZnO і ZnO:In на гнучких підкладках. Досліджено умови надання вкритим наноструктурованими плівками ZnO:In тканинам супергідрофобних властивостей за моделлю Кассі-Бакстера і показано вплив ультрафіолетового опромінювання на водовідштовхувальні властивості такого текстилю. Визначено вплив вакансій кисню V_O , які виникають внаслідок вакуумних відпалів в наноструктурах ZnO і ZnO:In, на розширення

спектру fotocутливості оксиду цинку від ультрафіолетового до видимого і ближнього інфрачервоного діапазонів. Досліджено вплив локалізованого поверхневого плазмонного резонансу та подвійних бар'єрів Шоттки на межі Ag-ZnO на fotocутливість виготовлених гідрохімічними методами гнучких приладових структур для фотодетекторів фоторезистивного типу відносно світла ультрафіолетового, видимого і ближнього інфрачервоного діапазонів.

5. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих результатів забезпечена поставленими метою та завданнями, комплексним підходом до вивчення визначених об'єктів, а також використанням сучасних експериментальних і аналітичних методів дослідження.

6. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному. Створено гнучкі покриття для захисту від сонячного ультрафіолету в наземних умовах, які відповідають категорії «відмінно» (50+) міжнародного стандарту ISO 2443:2012(E). Виготовлено стабільний в експлуатації супергідрофобний текстиль на основі поліестерової тканини з покриттям із наноструктурованих шарів ZnO:In, який не втрачає своїх водовідштовхувальних властивостей після прання та/або опромінення ультрафіолетом сонячного світла. Створено ефективні гнучкі fotocутливі приладові структури на основі наноструктурованих плівок ZnO і ZnO:In на поліімідних підкладках, а також на основі тонкоплівкового нанокompозиту з наноцелюлозною матрицею та наповнювачем ZnO:In, які є перспективними для використання в новій конструкції біосумісного гнучкого широкосмугового фотодетектора, в якому наноцелюлозна матриця не тільки захищає функціональний напівпровідник ZnO:In від механічних пошкоджень і атмосферного впливу, але також підвищує монохроматичну ампер-ватну чутливість, зовнішню квантову ефективність і специфічну детективність гнучкого широкополосного фотодетектора фоторезистивного типу до рівня

кращих сучасних зразків. Створено гнучкі фоточутливі приладові структури для фотодетекторів фоторезистивного типу із підвищеною ефективністю на основі виготовлених гідрохімічними методами на поліїмідних підкладках наноструктурованих плівок оксиду цинку ZnO/PI і нанокомпозиту із наночастинками срібла ZnO_Ag/PI, в якому завдяки локалізованому поверхневому плазмонному резонансу та подвійним бар'єрам Шотткі на межі Ag-ZnO збільшено до рівня кращих сучасних зразків гнучких широкополосних фотодетекторів ампер-ватну чутливість, зовнішню квантову ефективність і специфічну детективність. Створено гнучкі тонкоплівкові термоелектричні елементи планарного типу на основі відпалених у вакуумі при 300°C наноструктурованих шарів ZnO і ZnO:In на поліїмідних підкладках. Виготовлено функціональну приладову структуру гнучкого тонкоплівкового термоелектричного модуля планарного типу на основі наноструктурованого шару ZnO на поліїмідній підкладці і показано переваги використання в ньому тонкоплівкових термопар із ТЕ елементами n-типу ZnO/PI і металічними хромелевими ТЕ елементами p-типу. Виготовлено гнучкі термоелектричні елементи планарного типу на основі наноструктурованих плівок ZnO і ZnO:In на поліїмідних підкладках із тонкоплівковими омичними контактами, вихідні термоелектричні параметри яких відповідають сучасним мініатюрним та гнучким термоелектричним приладам, але мають значну перевагу у собівартості.

Практичні результати роботи захищено патентом України на корисну модель. Результати дисертації впроваджено у технологічний процес Товариством з обмеженою відповідальністю «МИНЕНЕРГОКОМ» (м. Харків), що підтверджено Актом передачі та використання науково-технічних результатів дисертаційного дослідження.

7. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертація виконана з дотриманням вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні результати роботи було представлено та обговорено на шести міжнародних конференціях і опубліковано в 19 роботах, з яких 11 є статтями в наукових фахових виданнях, що входять до міжнародної науково-метричної бази Scopus, 7 робіт є матеріалами міжнародних конференцій.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. Бажано було б провести дослідження впливу на наноструктуровані шари нелегованого і легovanого індієм оксиду цинку не тільки водневої плазми тліючого розряду, але також інших видів водневої плазми, які використовуються в технології мікроелектронних і оптоелектронних приладів, зокрема радіочастотної водневої плазми.
2. Доцільним було б дослідження змін у часі, які можуть відбуватися в кристалічній структурі, фізичних властивостях і вихідних параметрах приладових термоелектричних і фоточутливих структур на основі наноструктурованих шарів нелегованого і легovanого індієм оксиду цинку і їх нанокомпозитів.
3. В роботі спостерігаються певні стилістичні та граматичні помилки та пунктуаційні огріхи, проте вони не впливають на зміст роботи в цілому.
4. Загалом, проблематика дисертаційного дослідження вимагає подальшої розробки, в тому числі задля подолання зазначених зауважень та недоліків, що однак не знижує оригінальності та самоцінності проведеної роботи.

9. Висновки

Дисертаційна робота Хрипунової І.В. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективу для подальших досліджень. Тема дослідження

відповідає галузі знань 10 – «Природничі науки» та спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані наукові результати та практичну значущість, вважаю, що дисертаційна робота Хрипунової Ірини Василівни «Термоелектричні і фоточутливі приладові структури на основі наноструктурованих шарів нелегованого і легованого індієм оксиду цинку і їх нанокомпозитів» відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сам автор, Хрипунова І. В., заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Рецензент – доцент кафедри мікро- та
наноелектроніки,
Національного Технічного Університету
«Харківський Політехнічний Інститут»
кандидат фізико-математичних наук, доцент

Антон ДРОЗДОВ

Підпис доцента Антона Дроздова
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
11 квітня 2023 р.



ЗАЙЦЕВ Ю. І.