

Рецензія

доктора хімічних наук, доцента,
завідувача кафедри хімії та експертизи харчової продукції
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича
Халавки Юрія Богдановича

на дисертаційне дослідження Курищука Сергія Івановича
«Тонкі плівки оксиду міді, вуглецевих і вуглецевмісних матеріалів та
гетероструктури на їх основі»

Актуальність дисертаційного дослідження

Оксидні та графітові тонкі плівки є як важливими компонентами багат шарових напівпровідникових структур (транзистори, фотоелементи тощо), але й цікавими самостійними матеріалами, з унікальними властивостями.

Купрум(II) оксид є унікальним напівпровідниковим матеріалом, який у тонкоплівковому виконанні може володіти як р-типом, так і n-типом провідності. Це прямозонний напівпровідник, що має великий коефіцієнт поглинання світла і дедалі частіше використовується як поглинач у тонкоплівкових сонячних елементах.

Тонкі плівки оксидів металів, вуглецевих та вуглецевмісних матеріалів, є перспективними матеріалами для виготовлення гетероструктурних оптоелектронних приладів. Останнім часом тонкі шари графітізованого вуглецю використовуються як функціональний шар (вікно) в недорогих оптоелектронних пристроях. Відомо також, що графіт володіє доброю радіаційною стійкістю, що забезпечить високу радіаційну стійкість приладів, виготовлених на його основі.

Таким чином зрозуміло, що проведене в дисертаційній роботі Курищука С.І. дослідження тонких плівок купрум (II) оксиду, вуглецевих і вуглецевмісних матеріалів та гетероструктур на їх основі є надзвичайно актуальним і перспективним для створення функціональних матеріалів та приладів на їх основі.

Зв'язок роботи з державними програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана на кафедрі електроніки і енергетики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича під керівництвом спочатку професора Мар'янчука П.Д. та Солована М.М., а згодом керівником стала Андрушак Г.О. за темами та проєктами:

- «Кристали та тонкі плівки звичайних і напівмагнітних халькогенідних напівпровідників та оксидів металів: технологія одержання, фізичні властивості, створення на їх основі приладів електроніки, спінтроники, сонячної енергетики і світловипромінюючих структур» (номер державної реєстрації 011U 004594).

- “Розробка на основі напівпровідникових кристалів та тонких плівок приладів електроніки та фотовольтаїки” (номер державної реєстрації 0121U111110).

- “Гетеропереходи на основі тонких плівок графіту та графену для застосування в електроніці, сонячній енергетиці та детекторах частинок високої енергії” (номер державної реєстрації 0120U101250).

Тему дисертації затверджено Науково-технічною радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (протокол № 11 від 11 листопада 2020 року, з уточненнями - протокол № 3 від 5 квітня 2023 року).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації.

Обґрунтованість і достовірність одержаних результатів та зроблених на їх основі висновків зумовлені:

- послідовними і логічними експериментальними дослідженнями з використанням сучасних методів таких як: оптична спектроскопія, раманівська спектроскопія, сканувальна електронна мікроскопія, рентгеноструктурний та енергодисперсійний аналізи, електричні вимірювання;
- багаторазовими повтореннями вимірювань та контрольними експериментами з метою відтворення одержаних результатів;
- порівнянням одержаних результатів дослідження з іншими опублікованими дослідженнями;
- оприлюдненням результатів досліджень у фахових публікаціях та у наукових журналах, які індексуються в базах даних Scopus та/або WoS, а також їх апробацією на наукових конференціях.

Основні положення дисертації, висновки та рекомендації є обґрунтованими та достовірними і базуються на значному обсязі експериментально одержаної інформації.

Структура дисертації

Дисертація складається з анотації, списку скорочень, вступу, трьох розділів з підрозділами, висновків, списку використаних джерел та додатку (список публікацій здобувача за темою дисертації). Обсяг дисертації складає 153 сторінки (з них: 123 сторінки основного тексту, 30 сторінок – література). Список використаних джерел містить 208 найменувань.

Результати дисертації у повній мірі відображені в 14 наукових працях, з них 7 статей у рейтингових наукових журналах, 7 тез наукових конференцій.

Наукова новизна

Результати і висновки дисертації, які становлять наукову новизну, включають наступні аспекти:

Досліджено вплив температури підкладки на структурні електричні та оптичні властивості тонких плівок CuO , напилених методом реактивного

магнетронного розпилення. Встановлено, що при оптимальних температурах підкладки формуються напівпровідникові полікристалічні плівки CuO р-типу провідності з розміром зерен близько 26 нм, шириною забороненої зони $E_{\text{gop}} = 1.65$ еВ, поверхневим опором - $\rho = 5,96$ кОм/см; з'ясовано що добрим омичним контактом до плівки р- CuO є нікелевий контакт.

2. Показано можливість розробки тонкоплівкових сонячних елементів зі структурою скло/ІТО/графіт/ CuO/Ni . Теоретичні порогові значення ефективності фотоелектричних пристроїв визначено для різних товщин активного шару CuO з використанням нормалізованої інтенсивності світла, еквівалентної спектру АМ1.5. Вольт-амперні характеристики, змодельовані напівемпіричними методами, показують, що ефективність фотоелектричного перетворення залежить від товщини активного шару, і досягає ефективності 25,2% для плівок CuO товщиною 500 нм.

3. Досліджено вплив товщини фронтального шару графіту на електричні й фотоелектричні властивості гетеропереходів графіт/n-Si, виготовлених методом електронно-променевого випаровування з різною товщиною плівок графіту.

Встановлено, що виготовлені діоди Шотткі графіт/n-Si володіють висотою потенціального бар'єра близько 0,5 еВ. При прямих зміщеннях домінуючі механізми струмопереносу в таких структурах добре описуються в рамках генераційно-рекомбінаційної моделі, а при зворотних зміщеннях – тунельною моделлю.

4. Встановлено, що органічно-неорганічні гетеро структури Графіт/PEDOT:PSS/n-CdZnTe мають добрі фотоелектричні параметри, і є перспективними для роботи в умовах підвищеного рівня радіації.

5. Виготовлено фотодіоди на основі унікального поєднання радіаційно стійких функціональних матеріалів: тонкоплівкового графіту та монокристалічного напівпровідника CdZnTe.

Практичне значення одержаних результатів.

Результати досліджень, Курищука С.І. мають велике практичне значення для розробки різних електронних та оптоелектронних приладів на основі бар'єрних гетероструктур із відтворюваними та стабільними характеристиками за різних умов експлуатації. Зокрема:

1. Розроблено технологію виготовлення, методом реактивного магнетронного розпилення, напівпровідникових полікристалічних плівок CuO р-типу провідності з, що особливо актуально для виготовлення фотоелектричних перетворювачів.

2. Запропоновано простий, екологічно безпечний та дешевий метод отримання високоякісного графену з використанням блендера й органічного розчинника полівінілпіролідону як нетоксичного диспергатора. Графен,

отриманий таким способом, може бути використано для створення оптоелектронних приладів.

3. Виготовлено органічно-неорганічні гетеро структури Графіт/PEDOT:PSS/n-CdZnTe; показано, що такі гетероструктури фото чутливі й можуть використовуватися як фотоприймачі.

4. Розроблено фотодіоди для ультрафіолетової, видимої та близької інфрачервоної областей спектра на основі унікального поєднання радіаційно стійких функціональних матеріалів: тонкоплівкового напівметалевого графіту та монокристалічного напівпровідника CdZnTe. Запропоновані фотодіоди можуть використовуватися в космічних і земних приладах призначених для умов роботи у високим рівнем іонізуючого випромінювання.

Зауваження

1. В дисертації невдало сформульований Об'єкт дослідження, оскільки ним є не досліджувані матеріали та гетероструктури, а закономірності їх утворення, властивості тощо..

2. В роботі не вказано який детектор використовувався для EDX вимірювань. Відомо, що цей метод є малочутливим до легких елементів (Оксигену та Карбону), тому розуміння моделі детектора є важливим для кількісної інтерпретації результатів. На рис 2.2. не ідентифікованим залишився цілком помітний пік з енергією трохи меншою за 2 кеВ, чи не є це сигналом домішок в матеріалі?

3. В роботі вживається термін «Розмір зерна», проте цей термін є неоднозначним. Слід вживати діаметр, ефективний діаметр, тощо

4. Автору було б доцільно у висновках порівняти властивості плівок купрум (II) оксиду одержані ним різними методами.

5. У висновку 4 стверджується, що «копір плівок збільшується зі зростанням твердості використаних олівців через збільшення кількості домішок глини в графіті, яка є діелектриком». Товщину плівок визначали за допомогою інтерферометра і наведено її приблизне значення, було б доцільно використати більш точні методи, наприклад атомно-силову мікроскопію, щоб остаточно підтвердити цей висновок.

6. В цьому ж висновку 4 є нелогічне твердження що «зі збільшенням твердості олівця збільшується пропускання, зумовлене зростанням вмісту оксидних матеріалів у нарисованих плівках, які мають велику ширину забороненої зони, а отже, більше пропускають електричний струм». Електрична провідність широкозонних матеріалів є зазвичай низькою і не завжди корелює з поглинанням світла , доцільніше було б вказати «пропускають світло видимого діапазону».

Висловлені зауваження не применшують наукові досягнення дисертації Курищука С.І. та не впливають на висновок про належний рівень дослідження і його загальну позитивну оцінку.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Курищука Сергія Івановича «Тонкі плівки оксиду міді, вуглецевих і вуглецевмісних матеріалів та гетероструктури на їх основі», подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 - Природничі науки за спеціальністю 104 – «Фізика та астрономія» за її актуальністю, науково-теоретичним рівнем, новизною постановки та розв'язання проблеми, практичним значенням отриманих результатів відповідає пунктам 6,7,8,9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022р. №44.

Вважаю, що Курищук Сергій Іванович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 - «Природничі науки» за спеціальністю 104 - «Фізика та астрономія».

Рецензент

доктор хімічних наук, доцент, завідувач
кафедри хімії та експертизи харчової
продукції Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича



Юрій ХАЛАВКА

Підпис *Халавки Ю.* засвідчую
Учений секретар Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича
Синьковська А. В.
" 20 " травня 2024

