

Відгук

опонента на дисертаційну роботу

Микитюка Тараса Івановича

«Електричні, оптичні та фотоелектричні процеси в тонкоплівкових гетероструктурах CdS/CdMgTe»,

що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Актуальність дослідження матеріалів на основі кадмій телуриду визначається, в першу чергу, можливістю створення на їх основі високоефективних сонячних елементів, адже розвиток альтернативної енергетики на сьогодні є одним з найбільш актуальних завдань не лише в Україні, а й за її межами. Інтерес саме до CdTe зумовлений комплексом фізико-хімічних характеристик матеріалу, що забезпечує його перевагу над іншими аналогами. Створенням твердих розчинів, використанням тонкоплівкових матеріалів та багатошарових гетероструктур, можна суттєво покращити експлуатаційні характеристики матеріалу та знизити собівартість генерованої електроенергії. Однією з основних задач при цьому є визначення оптимальних параметрів як досліджуваного матеріалу, так і фотоелектричної гетероструктури в цілому (склад твердого розчину, товщини шарів окремих матеріалів, технологічні параметри і методики їх отримання та ін.). Саме тому мета дисертаційного дослідження, яка полягає у комплексному експериментальному та теоретичному дослідженні електричних, оптичних та фотоелектричних процесів у тонкоплівкових гетероструктурах CdS/Cd(Mg)Te і встановленні можливостей підвищення ефективності їх фотоелектричного перетворення є актуальною, а її результати становлять практичну цінність. Актуальність даної роботи підтверджується також тим, що дослідження проводились у рамках науково-дослідних тем Міністерства освіти і науки України.

До найбільш істотних **наукових результатів**, одержаних у дисертаційному дослідженні, слід віднести наступні:

- Експериментально визначено спектральні залежності оптичного пропускання гетероструктур CdS/Cd_{1-x}Mg_xTe з вмістом магнію 0-8% в діапазоні довжин хвиль 300-1200 нм.
- На основі експериментально виміряних спектрів пропускання визначено ширину забороненої зони двох зразків Cd_{1-x}Mg_xTe ($x = 0,04$ та $x = 0,04$),

що, зважаючи на значну чутливість величини E_g до технологічних умов отримання зразка, має значну практичну та теоретичну цінність.

- Визначено оптимальне значення ширини забороненої зони $Cd_{1-x}Mg_xTe$ ($E_g = 1,65$ eV) для використання в якості верхнього сонячного елемента для тандемної структури з нижнім $CuInSe_2$ елементом. При цьому, у спектральній області 850–1150 нм забезпечується пропускання верхнього сонячного елемента понад 85 %.
- На основі аналізу комплексу отриманих експериментальних даних та їх співставлення з результатами модельних розрахунків встановлено особливості процесу струмопереносу у досліджуваних структурах та визначено комплекс параметрів, що визначають експлуатаційні параметри фотоелектричного перетворювача на їх основі.

Обґрунтування і достовірність наукових висновків дисертаційної роботи Микитюка Т.І. забезпечена використанням апробованих методів дослідження електричних, оптичних та фотоелектричних вимірювань. Для інтерпретації отриманих даних використовувались обґрунтовані теоретичні моделі, а результати розрахунків узгоджувались як між собою, так і з відомим літературними даними, що підтверджує надійність та достовірність отриманої у роботі нової інформації.

Значення для науки і практики отриманих автором результатів полягають у тому, що автором вперше встановлено ряд експериментальних залежностей для фотовольтаїчних гетероструктур з використанням твердих розчинів $Cd_{1-x}Mg_xTe$ (зокрема, спектральні залежності коефіцієнта пропускання, ширина забороненої зони твердого розчину $Cd_{1-x}Mg_xTe$ та її залежність від складу, оптимальні значення ширини забороненої зони для використання у тандемних структурах та ін.). Автором показано перспективність практичного використання гетероструктур $CdS/Cd_{1-x}Mg_xTe$ в якості високоефективних сонячних елементів. Результати роботи можуть бути використані в наукових дослідженнях і при розробці нових технологій та матеріалів функціональної електроніки в Інституті фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова НАН України, Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича, та ін. Крім того, отримані результати варто використовувати при викладанні спецкурсів з фізики напівпровідників, фізики і технології тонких плівок, а також з моделювання фізичних процесів у кристалах та гетеропереходах.

Повнота викладення наукових положень та висновків в

опублікованих працях. Основні результати дисертації у повному обсязі опубліковані в 8-и статтях у провідних фахових наукових журналах. Матеріали дисертаційної роботи доповідались на 10 міжнародних і всеукраїнських конференціях. Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам Міністерства освіти і науки України щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук.

Варто зазначити відсутність порушення академічної доброчесності: всі отримані в дисертації результати є новими і належать безпосередньо автору, а результати інших авторів наведені з відповідними посиланнями. Вважаю, що робота повністю відповідає вимогам академічної доброчесності.

До змісту та оформлення дисертаційної роботи Микитюка Т.І. є наступні **пропозиції та зауваження:**

1. При моделюванні властивостей гетероструктур товщина шару CdS приймалась рівною 50 нм, хоча, як стверджує автор, її реальна товщина становить 100 нм. Проте, в роботі не наведено даних які б підтверджували цю величину (100 нм). Зміна товщини дійсно може мати місце чи внаслідок дифузійних процесів, як припускається автором, чи, можливо, внаслідок процесів реєвипаровування перед нанесенням шару CdMgTe. Адаже температура підкладки для осадження цього твердого розчину значно вища за температуру осадження шару CdS.
2. В роботі при проведенні розрахунків коректно враховується, в тому числі, ширина забороненої зони твердих розчинів як функція від вмісту Mg. Проте, не наведено числових значень ефективних мас електронів та дірок, які теж входять у розрахункові формули і, ймовірно, також будуть функціями хімічного складу розчину.
3. На наведених в роботі графіках вольт-амперних характеристик досліджуваних структур, можливо, варто було б навести похибки вимірювань, або вказати окремо їх значення. Особливо при аналізі рис.2.12, де наголошується на суттєвому впливі на результат розрахунку зміни величини ϕ_0 на рівні $\pm 0,01$ еВ. Також, доцільно було б для деяких результатів представити інформацію, щодо відтворюваності отримуваних залежностей для різних зразків.
4. У другому розділі дисертації автором отримано добрі кореляції між теоретичними та експериментальними вольт-амперними характеристиками гетероструктури CdS/CdMgTe, використовуючи при цьому ряд параметрів, як варіаційних, так і отриманих в інших

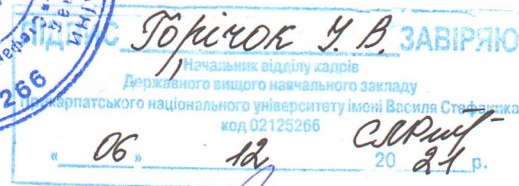
експериментах. Варто було б детальніше обґрунтовувати вибір їх числових значень, зокрема, рухливості носіїв, яка зазвичай є дуже чутливою до структурних особливостей зразка, чи часів релаксації, які для електронів і дірок вибрані однаковими.

5. У дисертації зустрічаються окремі невдалі формулювання, помилки та неоднозначні твердження. Зокрема: на ст. 30 після формули (1.4) некоректно позначено показник функції; на ст. 32, аналізується можливість заміщення атомами індію атомів галію у CuInSe_2 (ймовірно, мало б бути навпаки); на ст. 40 вказується, що «надлишок телуру сприяє утворенню провідності n-типу», тоді як загальноприйнятим вважається р-тип провідності, для матеріалу з надлишком телуру; на ст. 45 автор посилається на рис.1.11 б, якого в розділі нема; на ст. 82 некоректно записано розмірність у формулах (3.8-3.9): на рис.8 автореферату відсутні, ймовірно, підписи в дужках.

Проте, зроблені зауваження не впливають на загальний високий науковий рівень дисертації, не піддають сумніву основні наукові результати, отримані автором, та їх практичне значення.

Вважаю, що дисертація Микитюка Т.І. є завершеним в межах поставлених завдань науковим дослідженням, в якому отримані нові науково обґрунтовані результати. За актуальністю, обсягом досліджень, науковим рівнем і практичною цінністю отриманих результатів дисертація Микитюка Т.І. «Електричні, оптичні та фотоелектричні процеси в тонкоплівкових гетероструктурах CdS/CdMgTe » повністю відповідає вимогам передбаченим "Порядку присудження наукових ступенів" від 24.07.2013, № 567 зі змінами, внесеними згідно з постановою КМУ №656 від 19.08. 2015 та №1159 від 30.12.2015 р. щодо кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.10 – фізика напівпровідників і діелектриків.

Опонент,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
професор кафедри фізики і хімії
твердого тіла ДВНЗ «Прикарпатський
національний Університет
імені Василя Стефаника» МОН України



І.В. Горічок