

РЕЦЕНЗІЯ
на дисертаційну роботу

Цао Цзесяня

на тему «Термодинамічні та кінетичні процеси модифікування гетеросистем на телуриду кадмію, ініційовані наносекундною дією інтенсивного лазерного випромінювання», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»

В дисертації викладено результати досліджень присвячених встановленню та опису закономірностей термодинамічних (нагрів, фазові переходи) та кінетичних (дифузія, масоперенос) процесів у телуриді кадмію та гетеросистеми плівка металу/CdTe при потужному наносекундному лазерному опроміненні у різних середовищах, і, відповідно, вирішенню проблеми формування та керованої зміни фізичних (електричних, фотоелектричних, оптичних) властивостей поверхневих шарів даних напівпровідників при реалізації умов істотного відхилення від термодинамічної рівноваги. При теоретичному описі експериментальних результатів була врахована часова та просторова нелокальність у кінетичних явищах переносу.

Актуальність тематики досліджень демонструється широкою областю практичних застосувань телуриду кадмію та гетеросистем на його основі в оптоелектроніці, сенсориці, фотовольтаїці, детекторів ядерного випромінювання. Розширення можливостей використання цих матеріалів залежить, в першу чергу, від подальшого вивчення їх властивостей в залежності від різних параметрів, в тому числі і від технологічних умов легування та обробки. Окрім того, для вирішення проблем оптимізації ряду фундаментальних характеристик матеріалу є необхідною керована зміна фізичних (електричних, фотоелектричних, оптичних) властивостей. Все вище наведене визначає актуальність та практичну цінність даної роботи, що і обумовило мету роботи, а саме, дослідження термодинамічних та кінетичних процесів модифікування гетеросистем на основі телуриду кадмію, ініційовані наносекундною дією інтенсивного лазерного випромінювання.

В процесі виконання досліджень авторіві вдалося отримати ряд важливих наукових результатів, серед яких хотілося б відокремити такі:

1. Розроблена методика лазерно-індукованого легування і утворення p - n переходу в кристалах $CdTe$. Під дією лазерного випромінювання долається феномен самокомпенсації легуючих домішок і вводиться висока концентрація In в тонкий поверхневий шар $CdTe$ і можна отримати неглибокі і гострі p - n

переходи. Підтверджена перевага лазерного легування з відносно товстою легуючою плівкою *In*.

2. Визначено коефіцієнти масопереносу індію в *CdTe* у різних областях при наносекундному опроміненні ексимерним лазером структури *In/CdTe*. Отримано профіль розподілу атомів індію в телуриді кадмію р- типу після однократного опромінення структури *In/CdTe* з боку плівки індію імпульсом ексимерного ($\lambda = 248$ нм) лазера, визначена оптимальна величина густини енергії для формування інверсного приповерхневого шару (n- типу).

3. Встановлено, що домінуючим механізмом масопереносу при наносекундному лазерному твердофазному легуванні *CdTe* індієм є бародифузія. Відповідно, інтенсивне та швидке проникнення атомів індію в *CdTe* при наносекундному лазерному опроміненні структури *In/CdTe* обумовлене значними градієнтами термонапруг, що виникають за рахунок швидких процесів нагріву, плавлення, паро- і плазмоутворення з «ударними» швидкостями протікання.

Практичне значення проведених досліджень полягає у можливості контрольованої модифікації фізичних властивостей *CdTe* при виготовленні структур і приладів різного призначення на їх основі шляхом зміни концентрації домішкових атомів і власних точкових дефектів у різних частинах об'єму *CdTe* при ІЛО та її використання для оптимізації лазерностимульованої обробки поверхні і стимульованого легування кристалів *CdTe* та можливості використання розробленої методики лазерно-індукованого легування і утворення р-n переходу в кристалах *CdTe* для виготовлення детекторів рентгенівських та γ -рентгенівських променів у приладах з питань моніторингу та безпеки навколишнього середовища.

Дисертація складається із анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота містить 136 сторінок у тому числі: 117 сторінок основного тексту, 26 рисунків, 7 таблиць, список використаних джерел із найменувань на 18 сторінках.

Достовірність отриманих в дисертації результатів забезпечується використанням сучасних апробованих експериментальних методів та методик дослідження, несуперечністю отриманих висновків з такими, що наводяться в літературі та з сучасними науковими уявленнями у даній області і підтверджується тим, що отримані автором результати та висновки опубліковано в авторитетних наукових фахових виданнях.

За своїм змістом дисертаційна робота Цао Цзесяна повністю відповідає Стандарту вищої освіти за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею; вона написана українською мовою, добре структурована, матеріал викладений послідовно, зроблені в роботі висновки логічно витікають з отриманих експериментальних результатів. В роботі використовується загальноприйнята для даного напрямку наукова термінологія.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що робота Цао Цзесяна є результатом оригінальних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, плагіату та запозичень. Наведені в дисертації ідеї, результати та тексти інших авторів мають необхідні посилання на відповідне першоджерело.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Основні наукові результати та положення, отримані в дисертаційній роботі, опубліковані у 5 статтях у фахових вітчизняних та міжнародних наукових журналах (2 статті – третій квартиль міжнародних науково-метричних баз SCOPUS та WoS; 1 стаття – четвертий квартиль міжнародних науково-метричних баз SCOPUS та WoS), 2 статті у фаховому вітчизняному журналі та 4 тезах доповідей на конференціях. Представлені в дисертаційній роботі наукові результати достатньо повно висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації.

1. В дисертації, хоча і згадані попередні роботи по контрольованій модифікації фізичних властивостей *CdTe* при лазерному опроміненні, але не чітко виділена відмінність отриманих результатів по відношенню до раніше отриманих.

2. При дослідженнях люмінесценції потрібно було б більше уваги приділити встановленню механізму фотолюмінесценції *CdTe*.

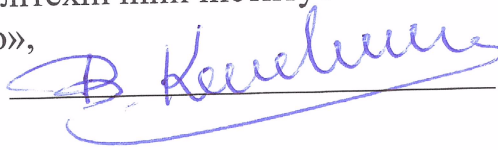
Проте, зроблені зауваження жодним чином не впливають на високий науковий рівень та підтверджену достовірність отриманих в дисертаційній роботі наукових результатів та їх практичну цінність.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії Цао Цзесяна на тему «Термодинамічні та кінетичні процеси модифікування гетеросистем на телуриду кадмію, ініційовані наносекундною дією інтенсивного лазерного випромінювання» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6—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 2022 р. 44, з останніми змінами, внесеними постановою КМ №341 від 21.03.2022 р., а її автор, Цао Цзесян, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали»

Офіційний рецензент:

декан фізико-математичного факультету
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
доктор технічних наук



Віталій КОТОВСЬКИЙ

М.П.



«___»

20___ року

