

## Відгук

офіційного опонента про дисертаційну роботу

**Костюк Оксани Богданівни**

**«Класичні і квантові розмірні ефекти в явищах переносу в тонких  
плівках твердих розчинів *PbSnAgTe*»,**

представленої на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-  
математичних наук з спеціальності 01.04.18 – фізика і хімія поверхні.

Мініатюризація пристроїв сучасної мікро- та наноелектроніки є одним з основних завдань розвитку нанотехнологій. Зменшення розмірів фізичних об'єктів призводить до зростання відносного внеску поверхневих процесів на формування властивостей зразка і в результаті до виникнення низки явищ, у яких фізичні параметри зразка зазнають змін, залежних від його розмірів.

Плівки на основі телуриду свинцю знайшли застосування в якості давачів інфрачервоного випромінювання та термоелектричних перетворювачів енергії. Саме тому дисертаційна робота Костюк О. Б., присвячена розробці методик приготування плівкових зразків модифікованого домішками олова та срібла *PbTe* та вивченню явищ перенесення заряду в них, є актуальною завдяки можливості отримання інформації про фундаментальні властивості речовини та про перспективу широкого використання в електроніці.

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків і списку використаних джерел із 195 найменувань.

У вступі обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформовано мету і основні завдання роботи, відображено сутність і стан наукової проблеми, зв'язок виконаного дисертанткою дослідження з науковими програмами, що виконуються у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника. Охарактеризовано особистий внесок автора, подано іншу необхідну інформацію.

В оглядовій частині роботи зроблено огляд літературних джерел, у яких вивчались фізико-хімічні властивості та явища перенесення заряду в кристалах  $PbTe$  та сполуках на основі цього матеріалу. Коротко розглянуто суть розмірних кінетичних ефектів у плівках різних матеріалів. В окремому параграфі проаналізовано роботи присвячені вивченню термоелектричних властивостей кристалів сполук на основі  $PbTe$ .

Окремий розділ роботи присвячений розгляду методик експериментальних досліджень плівок  $PbTe$  та сполук на основі цього матеріалу. Плівки отримували шляхом конденсації пари термічно випаровуваного матеріалу на підкладки з ситалу та слюди-мусковіт (1000). Вимірювання електричних параметрів плівки проводили на повітрі в діапазоні температур 77К – 300К на спеціально створеному для вимірювань автоматизованому пристрої. В результаті вимірів визначали питому провідність, постійну Холла та коефіцієнт Зеєбека досліджуваних зразків. Інформацію про структуру плівок одержували з результатів X-дифракційних та АСМ-досліджень.

В роботі теоретично та експериментально вивчено вплив поверхневого розсіювання носіїв струму на кінетичні явища в тонких плівках  $n-PbTe$ . Зокрема, розвинута теоретична модель розмірної залежності інтегральної електропровідності зразка обмежених розмірів прямокутного перерізу. Виходячи із загальних міркувань та відомих параметрів електронної структури  $PbTe$  показано, що у плівкових зразках  $PbTe$  реалізується дифузне поверхневе розсіювання носіїв струму, розраховано величину вільного пробігу носіїв струму, встановлено взаємозв'язок між концентрацією носіїв струму, електропровідністю, коефіцієнтом Зеєбека та термоелектричною добротністю плівок. Для пояснення результатів експериментальних досліджень використано вирази для розмірних залежностей питомої провідності, постійної Холла та коефіцієнта Зеєбека в одержаних теоретично рамках моделі плоскопаралельного шару Фукса-

Зондгеймера. Здійснено порівняння отриманих експериментальних даних для плівок  $PbTe$  вирощених на поверхні свіжих сколів (1000) слюди та конденсованих на поверхні ситалу.

З метою пошуку об'єктів цікавих для використання в сучасній електроніці та матеріалів з високою термоелектричною добротністю в роботі здійснено широке дослідження плівкових зразків на основі  $PbTe$  із частковим заміщенням  $Pb$  більш екологічно чистими  $Sn$  та  $Ag$ . Вивчено розмірні залежності питомої провідності, постійної Холла та коефіцієнта Зеєбека плівок  $Pb_{14}Sn_4Ag_2Te_{20}$ ,  $Pb_{16}Sn_2Ag_2Te_{20}$  і  $Pb_{18}Ag_2Te_{20}$ . Для згаданих зразків розраховано залежності від товщини плівок Холлівської концентрації рухомих електронів і дірок, рухливості носіїв струму, вивчені температурні та частотні залежності кінетичних явищ. Закономірності зміни магнетоопору пояснено в рамках теорії слабкої локалізації з врахуванням спин-орбітального розсіювання.

Здійснено теоретичне та експериментальне дослідження прояву квантових розмірних ефектів у явищах перенесення заряду в зразках на основі  $PbTe$ . В обсязі цього дослідження проаналізовано особливості прояву квантового розмірного ефекту в зразках n- та p-типу в умовах сильновиродженого та виродженого електронного газу. Здійснено розрахунок залежностей від товщини плівки енергії Фермі, коефіцієнта Зеєбека та термоелектричної потужності в згаданих умовах та встановлено умови реалізації квантового розмірного ефекту. Розв'язана теоретична задача про вплив флуктуацій товщини квантового напівпровідникового дроту сполук речовин IV і VI груп на кінетичні явища. Експериментально досліджено квантовий розмірний ефект в плівках n- $PbTe$  та n- $PbSnAgTe$ .

Робота завершується висновками про результати проведених досліджень. В цілому робота є завершеним науковим дослідженням, виклад здійснено літературною українською мовою. Отримані результати достатньо надійні. Серед найважливіших результатів роботи варто відзначити:

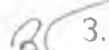
1. В роботі вперше отримано тонкі плівки на основі сполук  $Pb_{m-x}Sn_xAgTe_m$  і досліджено їхні кінетичні параметри.
2. На основі експериментального дослідження магнетоопору  $Pb_{m-x}Sn_xAgTe_m$  показано, що особливості транспорту носіїв заряду визначаються квантовими інтерференційними ефектами слабкої локалізації та спин-орбітальним розсіюванням.
3. Результат теоретичного розгляду кінетичних ефектів, обумовлених флуктуаціями товщини квантового напівпровідникового дроту сполук  $A_{IV}B_{VI}$ .

Поряд з цим робота не позбавлена недоліків, які не впливають на загальну позитивну оцінку роботи.

1. В роботі варто було б подати більш широку інформацію про мікроструктуру плівкових зразків.
2. Недостатньо обговорено питання про можливість використання моделі Фукса-Зондгеймера для опису властивостей зразків та потребу врахування внеску зерномежового розсіювання при розгляді розмірного ефекту в квазікласичному підході.
3. В роботі недостатньо обговорено можливість внеску неосновних носіїв струму в розмірні залежності постійної Холла та коефіцієнта Зеєбека плівок.
4. В розділі 4 відсутнє пояснення нетипової зміни питомої провідності плівок  $Pb_{14}Sn_4Ag_2Te_{20}$  і  $Pb_{16}Sn_2Ag_2Te_{20}$  в процесі зростання їхньої товщини.
5. В тексті роботи (принаймні, в примірнику отриманому мною) наявна значна кількість помилок набору, є окремі незавершені вислови.

Згадані недоліки не зменшують наукову і практичну цінність результатів теоретичних та експериментальних досліджень, виконаних дисертанткою. В цілому робота оформлена згідно з вимогами департаменту атестації кадрів України. Автореферат достатньо повно передає зміст дисертаційної роботи. На підставі викладеного вище

вважаю, що дисертація «Класичні і квантові розмірні ефекти в явищах переносу в тонких плівках твердих розчинів  $PbSnAgTe$ » є завершеною науково-дослідною роботою, виконаною на сучасному науковому рівні. За своєю актуальністю, новизною, науковою, практичною цінністю отриманих результатів та обсягом проведених досліджень дисертація відповідає вимогам МОН України, які ставляться до робіт на здобуття наукового ступеня кандидата наук, зокрема викладеним у пп. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів від 24.07.2013р., а її автор Костюк Оксана Богданівна заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук зі спеціальності 01.04.18 – фізика і хімія поверхні.

Офіційний опонент, заслужений діяч науки та техніки України,  
доктор фізико-математичних наук, професор,  
професор кафедри фізичної та біомедичної електроніки  З.В. Стасюк

Підпис доктора фіз.-мат. наук, професора Стасюка З.В. засвідчую

Вчений секретар  
ЛНУ імені Івана Франка, доц.



О.С. Грабовецька

