

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Петрушенко Сергія Івановича

«Фазові перетворення та температурна еволюція морфологічної будови багат шарових плівок, які складаються з шарів легкоплавких металів (Pb, Bi, Sn або In) та більш тугоплавких речовин (C, Mo або Cu)»,

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 - фізика твердого тіла

1. Актуальність теми.

Відомо, що підвищення потужності обчислювання сучасної електроніки зниження енергетичних витрат в останні часи пов'язано з мікромініатюризацією елементів пристроїв. Відбувається перехід у нанометрів діапазон розмірів. Повстає питання про набуття знань про властивості речовини, яка перебуває в нанодисперсному стані. Питання збереження суцільності технологічних покриттів, буферних шарів і контактних доріжок набуває важливого значення. Для наноелектроніки необхідність вирішення цих питань продиктовано як природним ходом розвитку фізики твердого тіла, так і потребами інженерної практики. Одним із актуальних завдань сучасної фізики твердого тіла та матеріалознавства є створення надійних і стабільних функціональних шарів та вирішення технологічних завдань, які відносяться до галузі сучасної електроніки, сенсорної техніки та «зеленої» енергетики. Для виготовлення біосенсорів і біоміток, фотокаталітичних генераторів та сонячних батарей, світловипромінюючих діодів потребується формування на підкладці або в матриці масиву окремих наночастинок, розміри яких розподілені у вузькому і контрольованому інтервалі. Актуальним завданням перед фахівцями стає розробка спрощених методів формування масивів наночастинок, а також навпаки в нанотонких плівках запобігти їх диспергуванню, підвищити термічну стабільність. Тому встановлення фізичних особливостей фазових переходів в багат шарових плівках, вивчення їх термічної стабільності та процесів диспергування є дійсно актуальним питанням.

Актуальність теми роботи підтверджується так само й тим, що вона пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт, що виконувались в Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна МОН України: «Фазові перетворення в одно- та двокомпонентних нанорозмірних плівкових системах» (№ держреєстрації 0111U007956), «П'єзокварцовий резонатор як *in situ* метод дослідження фазових перетворень в нанорозмірних плівках металів та сплавів» (№ держреєстрації 0114U002586), «Фазові і структурні перетворення та електрокінетичні явища у двокомпонентних наносистемах» (№ держреєстрації 0115U000461), «Кінетика міжфазної взаємодії та дифузійних процесів в шаруватих плівкових» (№ держреєстрації 0115U000478).

2. Ступінь обґрунтованості і достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Петрушенко С.І., є дуже високим. Це базується на досконалому аналізі багатьох використаних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів досліджень, розумному співставленні результатів, критичному аналізу отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, якісному формулюванні отриманих висновків. Дисертаційна робота являє собою закінчений труд. Він поєднує огляд літератури з оригінальними експериментальними методами, знахідками та результатами, які спрямовані на впровадження. Згідно з викладеним вище обґрунтованість наукових положень, висновки результатів дослідження і рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, не підлягають сумніву.

Автором коректно використано комплекс добре апробованих, взаємодоповнюючих експериментальних методів фізики твердого тіла. Препарування плівок здійснювали за методом термічного випаровування з незалежних джерел в безмасляному вакуумі. Для виконання мети роботи дисертантом було розроблено оригінальний програмно-апаратний комплекс для вимірювання електричного опору багатошарових плівок при їх нагріванні та охолодженні в вакуумній камері, а також удосконалено метод *in situ* електроннографічних досліджень з нагріванням зразків. Морфологію і мікроструктуру вивчали за використанням растрового електронного мікроскопа та просвітлювальних електронних мікроскопів. Розрахункові дослідження роботи проводилися в рамках добре апробованих відомих моделей фізики твердого тіла і базувалися на фундаментальних основах фізики твердого тіла. Застосування комплексу незалежних експериментальних та аналітичних методів, які взаємно доповнюють одне одного, забезпечило достовірність отриманих результатів.

3. Основні наукові результати дисертації, їх новизна.

Основні нові наукові результати дисертант виклав у семи пунктах. Я з ним повністю згоден, хоча деякі можна було розділити. В короткій формі відмічу окремі з них, на мій погляд найбільш яскраві.

1. Вперше показано, що морфологія включень Ві в багатошарових плівках Cu/Vi/Cu і Mo/Vi/Mo впливає на температуру і характер його кристалізації. Коли вісмут міститься у вигляді єдиної системи включень, його кристалізація носить лавиноподібний характер. Кристалізація вісмуту, який міститься у вигляді розрізнених частинок, відбувається в деякому інтервалі температур.

2. У високодисперсних плівках Pb/Cu і Vi/Cu виявлено істотне збільшення розчинності міді в кристалічних свинцю та вісмуті порівняно з масивними зразками. Для конденсованих плівок Pb/Cu вперше побудована температурна залежність розчинності міді в кристалічному свинці

4. Практична значимість результатів для науки і використання.

Отримані результати є цінним матеріалом. Інформація про термічну стабільність мідних плівок може бути використана як при розробці технологій, спрямованих на формування на підкладці системи ізольованих частинок, кожна з яких може виконувати роль сенсора, каталізатора, тощо, так і для вирішення завдань, що стосуються підвищення надійності існуючих та перспективних, з прикладної точки зору, тонко плівкових провідникових і буферних шарів. Нова інформація, щодо зміни розчинності високодисперсних компонентів у контактних парах Pb/Cu та Bi/Cu, може бути використана для прогнозування стабільності компонентів у процесі подальшої мініатюризації електронних пристроїв.

5. Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковані в 30 наукових працях, у тому числі у 8 статтях у наукових фахових виданнях України та інших країн. У цілому, рівень і кількість публікацій та апробація матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам ДАК МОН України. Автореферат є ідентичним за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем. Серед робіт, опублікованих за темою дисертації немає публікацій ідентичних за змістом. Дисертаційна робота не містить ознак академічного плагіату.

6. Зауваження до тексту, та змісту дисертації

1. На рис.3.5 у дисертації (рис. 4 у авторефераті) наведено чотири криві «нагрів-охолодження», але не пояснено у підписі до рисунка чим вони відрізняються, який перший, який останній. Нема пояснення зміни самого значення електроопору. Аналогічно рис3.11.

2. В роботі наведені електронограми, але ніде немає значення періодів решіток. Чи вони стабільні, чи змінюються в циклах нагрів-охолодження? Особливо це цікаво для плівок наприклад системи In/Cu, де відмічається формування проміжної фази $Cu_{11}In_9$.

3. Не зрозуміло, чому дисертант дво- та тришарові плівки називає багатошаровими.

4. Треба відзначити деяку вільність у викладанні матеріалу дисертації. Деякі тези наведені як аксіоми, без пояснень, та без посилань. Це стосується, наприклад, рівняння 3.1. Питання, як внутрішні мікронапруження від фази по межі можуть змінювати електроопір. Як тришарові плівки підпадають під модель «композитних систем типу «легкоплавка частинка у тугоплавкій матриці».

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Петрушенко Сергія Івановича «Фазові перетворення та температурна еволюція морфологічної будови багатошарових плівок, які складаються з шарів легкоплавких металів (Pb, Bi, Sn або In) та більш тугоплавких речовин (С, Мо або Cu)», є закінченою науковою працею, у якій вирішено поставлене наукове завдання. У дисертації розв'язується важливе наукове завдання, суть якого полягає у визначенні границь стабільності рідкої фази в багатошарових плівкових системах (Cu/Pb/Cu, Cu/Bi/Cu, Cu/Sn/Cu, Cu/In/Cu, Мо/Pb/Мо, Мо/Bi/Мо, Мо/Sn/Мо, Мо/In/Мо, С/Pb/С, С/Bi/С, С/Sn/С), які є моделлю композитних систем типу «легкоплавка частинка у тугоплавкій матриці», а також встановлення фізичної суті впливу наявності рідкої фази і кінетики нагрівання на температурну стабільність тонкоплівкових покриттів Cu та Pb/Cu і на розвиток дифузійних процесів у шаруватих плівкових системах.

Вона за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 01.04.07 – фізика твердого тіла. Дисертаційна робота відповідає вимогам п. п. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів” щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Петрушенко С.І. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико - математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент

завідувач кафедри фізики металів та напівпровідників

Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут»

доктор фізико-математичних наук, професор

Малихін С.В.

Підпис зав. каф. ФМН, доктора фіз.-мат. наук, проф. Малихіна С.В.

ЗАСВІДЧУЮ

вчений секретар Національного технічного університету

"Харківський політехнічний інститут"

Заковоротний О.Ю.

