

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Коломійця Володимира Миколайовича
«Структура, електро- та магніторезистивні властивості
багатошарових плівкових структур на основі феромагнітних
металів», представленої на здобуття наукового ступеню
кандидата фізико-математичних наук
за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла

Актуальність теми дисертації

У дисертаційній роботі В.М. Коломійця проведені комплексні дослідження елементного складу та структурно-фазового стану плівкових зразків і виявлені деякі загальні закономірності впливу температури, розмірних ефектів і додаткових проміжних шарів на електро- та магніторезистивні властивості тришарових плівкових систем.

Багатошарові структури, які складаються з феромагнітних (ФМ) шарів, розділені відносно товстими немагнітними (НМ) прошарками, є одним із можливих варіантів реалізації систем, у яких спостерігається явище ГМО. Як прошарки між ФМ шарами використовуються як не феромагнітні матеріали, так і діелектрики. Актуальною науковою проблемою залишається розробка нових методик отримання багатошарових плівок з новим фазовим складом і функціональними можливостями, встановлення нових фізичних явищ та побудова якісних чи теоретичних моделей для їх описання. У зв'язку з цим дослідження, які спрямовані на більш глибоке розуміння механізмів електроперенесення в багатошарових системах типу ФМ/НМ/ФМ обумовлюють актуальність тематики дисертаційної роботи В.М. Коломійця.

Таким чином, актуальність досліджень В.М. Коломійця полягає у проведенні експериментальних і теоретичних досліджень впливу різноманітних факторів (температури, розмірних ефектів і т.зв. додаткових проміжних шарів) на електро- та магніторезистивні властивості тришарових плівкових систем в умовах протікання дифузійних процесів і фазоутворення в них.

Робота виконана у відповідності із держбюджетною тематикою фізико-математичного факультету Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка, яка фінансувалася у період з 2010 до 2012 роки.



Загальна характеристика дисертації

Для встановлення кореляції між фізичними процесами і властивостями тришарових плівкових систем досліджено дифузійні процеси та структурно-фазовий стан плівкових зразків, встановлено особливості взаємозв'язку структурно-фазового стану плівкових систем на основі Co, Cu (Ag) і Fe з їх електро- і магніторезистивними властивостями, а також закономірності в польових залежностях анізотропного магнітоопору (АМО) та ГМО для невідпалених та відпалених за різних температур плівкових систем.

Робота включає в себе вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел.

Перший розділ «Структурно-фазовий стан та фізичні властивості багатошарових нанокристалічних плівок» представляє собою традиційний літературний огляд, в якому узагальнені результати 93 літературних джерел. В огляді проаналізовані результати відомих теоретичних і експериментальних робіт, відомості про структурно-фазовий стан, дифузійні, електропровідні та магніторезистивні властивості двошарових та багатошарових наноструктур. Особлива увага приділена структурно-фазовому стану та дифузійним процесам у плівкових системах на основі плівок Co, Cu і Fe, а також теоретичним моделям розрахунку ТКО і електропровідності для двошарових плівок.

У другому розділі «Методика і техніка експерименту» описані методи і методики та приладова база, із використанням яких отримувалися зразки у високому вакуумі, проводилися дослідження електрофізичних і магніторезистивних властивостей, дифузійних процесів та кристалічної структури. У відповідності з напрямом досліджень була вдосконалена методика отримання тришарових плівок з тонкими додатковими шарами, яка базується на почерговій вакуумній конденсації металів із двох незалежних джерел. Слід відмітити, що, не дивлячись на застосування класичних методів досліджень і стандартного обладнання, дисертант зумів досягти великої точності і достовірності результатів завдяки високій експериментальній майстерності.

У третьому розділі «Кристалічна структура та фазовий склад багатошарових плівок» наведені результати вивчення фазового складу та

кристалічної структури плівкових систем електронографічним методом, дослідження методом ВІМС дифузійних процесів у плівках на основі Co, Cu, Fe та Cr, а також дослідження топології поверхонь плівок. Зокрема, наведена велика кількість інформації стосовно параметрів решіток як одношарових, так і багатошарових плівкових систем. На основі вивчення дифузійних процесів у невідпалених та відпалених зразках встановлені умови стабілізації твердих розчинів на основі ГЦК решітки Co.

У четвертому розділі «Електрофізичні властивості багатошарових полікристалічних плівок» представлені експериментальні результати стосовно впливу температур підкладки, термообробки і вимірювання та розмірних ефектів на питомий опір і ТКО плівкових систем. Отримані результати для ТКО співставлені із розрахунковими на основі моделі Р.Дімміха, а для питомого опору – із розрахунковими на основі модифікованої моделі Майадаса і Шацкеса. У зауваженнях буде відмічена деяка некоректність дисертанта у використанні вказаних моделей.

П'ятий розділ «Магніторезистивні властивості тришарових полікристалічних плівок» присвячений дослідженню ефектів АМО і ГМО тришарових плівкових системах Co/Cu(Ag)/Fe та Co/Cu/Co з додатковими шарами Fe, Ni і Cr. У цьому ж розділі наведені результати апробації співвідношення, яке описує величину анізотропії ГМО, і встановлено, що розрахункові і експериментальні значення анізотропії для другої плівкової системи збігаються з точністю до 20%.

Знайомство із результатами третього-п'ятого розділів дозволяє сформулювати положення, які визначають наукову новизну дисертації:

1. Дослідження процесів фазоутворення у тришарових плівкових системах із т.зв. додатковими шарами дозволили установити умови стабілізації твердих розчинів Ni, Fe, Cu на основі ГЦК-Co.
2. Уперше спостерігалось зникнення ефекту ГМО в плівковій системі Co/Cu/Fe при конденсації додаткового шару між плівками Co і Cu.
3. Вперше встановлені умови переходу від ефекту ГМО до АМО у плівкових системах на основі Co і Cu.

Практичне значення результатів роботи і рекомендації щодо їх використання

Практична цінність роботи В.М. Коломійця полягає в тому, що ці результати розширюють та поглиблюють розуміння фізичних процесів в плівкових матеріалах і можуть бути використані при створенні спін-клапанних структур та сенсорів магнітного поля.

Результати досліджень В.М. Коломійця можуть бути використані в лабораторіях ВНЗ та різних підприємств (ННЦ «ХФТІ», НТУ «ХП», ХНУ імені В.Н. Каразіна, Інститут магнетизму НАН України, Інститут металофізики НАН України та ін.).

Основні результати дисертації пройшли широку апробацію на Міжнародних наукових конференціях і в більшості своїй опубліковані у міжнародних журналах, що також характеризує практичну цінність роботи.

Достовірність результатів та ступінь обґрунтованості наукових положень

Достовірність результатів, представлених у дисертаційній роботі В.М. Коломійця, обумовлена наступним:

- використання комплексу експериментальних методів дослідження, що дозволило отримати коректні результати, які узгоджуються із відомим експериментальними даними стосовно фазоутворення, дифузійних процесів, ТКО і ГМО;
- основні результати роботи опубліковані у провідних фахових виданнях України і доповідались на ряді міжнародних конференцій.

Наукові положення і висновки детально **обґрунтовані**, оскільки базуються на великому об'ємі експериментальних результатів та розрахункових даних.

Зауваження до роботи

1. По другому розділу роботи можна зробити зауваження стосовно недостатньої обґрунтованості використання як терміну «додаткові шари», так і їх необхідності розміщувати або безпосередньо між підкладкою і

першим шаром, або на інтерфейсі верхніх шарів (термінологія авторів). Якщо мова іде про т.зв. субфактні шари, які використовують ряд авторів (З.В. Стасюк З.В. та ін., М. Маршалек та ін.), то там просліджується конкретна ідея: зменшити шорсткість поверхні або інтерфейсів і це дає можливість застосувати теоретичну модель Намби, яка враховує вплив шорсткості на електропровідність плівок, або згладити ці шорсткості на інтерфейсі і встановити, яким чином спін-залежне розсіювання електронів на шорсткостях впливає на ГМО. У даному випадку складається враження, що дисертант підійшов до питання застосування додаткових шарів за принципом: добавимо ще один шар – і подивимось, що вийде.

2. По третьому і четвертому розділам слід зробити наступні зауваження:

- формула (4.2), строго говоря, не відповідає базовій формулі Р.Дімміха, яка була отримана лише для двошарових плівок, а представляє собою спрощений варіант співвідношення, який був запропонований в роботах співробітників кафедри прикладної фізики СумДУ; немає впевненості, що перехід від дво- до тришарової системи здійснюється шляхом добавлення третього доданку, аналогічного для першого або другого шару, оскільки при такому підході абсолютно не враховуються можливі міжшарові переходи електронів;
- у т.зв. модифікованій моделі Майадаса і Шацкеса (формули 1.4 і 1.5) міститься велика кількість невідомих параметрів, таких як імовірності дзеркального розсіювання електронів на інтерфейсах та зовнішніх поверхнях зразка, ймовірність проходження електрона у сусідній шар без розсіювання та дифузійного розсіювання на межах зерен, величини СДВП кожного шару і т.п. Із тексту дисертації не зовсім зрозуміло, яким чином розраховувався цей величезний масив параметрів; крім того у цих формулах відсутній параметр λ_{01} , хоча цей параметр для 2-го і 3-го шарів міститься у формулах;
- слід також вказати деяку неефективність модифікованої моделі, оскільки як вимірювання, так і розрахунок питомого опору завжди

супроводжується великою похибкою, яка закладена у точності визначення товщини; крім того співвідношення 1.4 і 1.5 записані для випадку, коли величина товщина окремих шарів набагато більша за СДВП даного шару, а в таблиці 4.3 наведені дані для тришарових плівкових систем, товщина окремих шарів в яких знаходиться в межах 5 – 30 нм, що може бути як менше, так і одного порядку з величиною СДВП.

3. Крім того можна зробити зауваження такого характеру. В авторів немає чіткої межі між поняттями МО, ГМРЕ і ГМО, що не сприяє чіткому розумінню результатів і висновків роботи; індексація, яку використовує автор не зовсім удала, наприклад, $a_{0\alpha-Co}$ і a_{0Fe} (стор.6 автореферату).
4. Не зовсім правильно оформленні посилання на літературні джерела. Наприклад, у посиланні [52] вказана назва Вісника повністю, але без зазначення його серії, а у посиланні [70] назва того ж Вісника приводиться в скороченому вигляді, хоча із зазначенням серії. Посилання [49, 51, 59, 171] оформлені невірно, оскільки не використана аббревіатура журналів.

Загальний висновок

Вказані зауваження носять частинний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації В.М. Коломійця. Вона представляє собою завершену працю, в якій проведено комплексне дослідження взаємного зв'язку між структурно-фазовим станом та електро-та магніторезистивними тришарових плівкових систем на основі Co, Cu або Ag та Fe.

Дисертант проявив себе талановитим експериментатором, який володіє як сучасними методами і методиками досліджень, так і їх трактовки та порівняння з теоретичними моделями.

Основні результати дисертації викладені у 7-и журнальних статтях, 1-й статті у матеріалах конференції та окремих розділів у монографічному виданні.

За актуальністю обраної теми, кількістю одержаних нових результатів, ступенем обґрунтованості наукових положень, висновків і

рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірністю дисертація задовольняє вимогам ДАК України, що висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор, Коломієць Володимир Миколайович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика приладів, елементів і систем.

Офіційний опонент

декан факультету електроніки та

інформаційних технологій

Сумського державного університету

д.ф.-м.н., професор



С.І. Проценко

Підпис *Проценка С.І.* засвідчую
Начальник ВК *Кириченко В.М.*