

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Власенка Олександра Володимировича

«Електрофізичні і магніторезистивні властивості плівкових
сплавів на основі Fe і Ge»

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

1. Актуальність теми дисертації та її зв'язок із науковими програмами

Увага дослідників до вивчення властивостей багатошарових і багатокомпонентних плівкових структур на основі металів і напівпровідників, пов'язана, в першу чергу, з тим, що в них спостерігаються такі властивості, які не проявляються або слабо виражені в масивних матеріалах. Це становить інтерес як з точки зору вирішення фундаментальних проблем фізики твердого тіла, так і для подальшого розвитку сенсорної електроніки.

При цьому очевидним є той факт, що для розширення функціональних можливостей приладів та покращення стабільності їх робочих характеристик у часі та під впливом різних факторів (температури, деформації, тиску, магнітного поля тощо), особливу увагу необхідно приділяти вивченню механізмів і умов утворення твердих розчинів, інтерметалідних фаз та плівкових сплавів як на основі металів, так і на основі напівпровідників.

Цей комплекс невирішених питань обумовив актуальність теми дисертаційної роботи та її мету, яка полягала у встановленні взаємозв'язку між фазовим складом та електрофізичними, магніторезистивними і магнітооптичними властивостями плівок германідів заліза нанорозмірної товщини, сформованих методом пошарової конденсації з подальшою термообробкою.

На користь актуальності проведених досліджень говорить той факт, що вони виконувались в рамках: спільного проекту науково-технічного співробітництва «Фазові перетворення, дифузійні процеси і магніторезистивні властивості мультишарів на основі Fe і Pd, Pt або Ag» між СумДУ та

Університетом Барода (м. Вадодара, Індія); держбюджетної НДР «Електрофізичні властивості багатоконпонентних плівок на основі Fe і Pd, Ag, Au та Ge» та державної програми МОН України «Навчання студентів і аспірантів та стажування наукових і науково-педагогічних працівників у провідних вищих навчальних закладах та наукових установах за кордоном» згідно з договором між Сумським державним університетом та Інститутом фізики Університету ім. Й. Гутенберга (м. Майнц, Німеччина). Дисертант брав участь у зазначених НДР як виконавець наукових досліджень.

2. Загальна характеристика і структура роботи

У дисертаційній роботі *розв'язана актуальна задача фізики твердого тіла*, яка пов'язана із дослідженням електрофізичних (питомого опору, термічного коефіцієнту опору – ТКО), магніторезистивних (магнітоопору – МО, у т.ч. гігантського магнітоопору – ГМО та анізотропного магнітоопору – АМО), магнітооптичних (магнітооптичний ефект Керра) та гальваноманітних (стала Холла – СХ) властивостей в умовах фазоутворення плівкових германідів заліза.

Відповідно до поставленої мети автором *були вирішені наступні задачі*:

- проаналізований вплив температури і товщини шарів (концентрації атомів окремих компонент) на структурно-фазовий стан плівкових матеріалів, сформованих методом пошарової конденсації;

- вивчені температурна і розмірна залежності питомого опору та ТКО плівкових систем на основі Fe і Ge;

- досліджені ГМО і АМО та ефект Холла в плівках германідів заліза Fe_2Ge , $FeGe$ та $FeGe_2$ з точки зору їх практичного застосування як чутливих елементів сенсорної електроніки.

Аналізуючи роботу в цілому, можна зазначити найбільш вагомi, як фундаментального так і прикладного характеру, наукові результати, які визначають *наукову новизну* роботи.

1. Характер температурної залежності питомого опору двошарових плівкових систем Fe/Ge обґрунтований зміною умов розсіювання електронів як ефективних носіїв заряду біля межі поділу шарів та екситонним механізмом

провідності (формуванням екситонів Ван'с – Мотта).

2. Уперше показано, що в плівках германідів заліза, отриманих методом пошарової конденсації з подальшим термообробленням відбувається формування термостабільних (ТКО $\sim 10^{-4} \text{ K}^{-1}$) фаз Fe_2Ge , FeGe і FeGe_2 в усьому об'ємі зразка, що призводить до зростання величини МО від 0,02–0,04% у невідпалених системах до 0,30–0,44% у відпалених до 1070 К зразках.

3. Уперше показано, що двокомпонентні плівкові системи на основі Fe і Ge задовольняють основним вимогам до матеріалів омичних контактів ІМС: мають відносно високий питомий опір, лінійну вольт-амперну характеристику і низький ТКО ($\sim 10^{-4} \text{ K}^{-1}$) в інтервалі товщин від 20 нм до 150 нм.

Результати роботи розширюють уявлення про структуру, фазовий склад і властивості германідів металів та фізичні процеси, які протікають в них.

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

3. Практичне значення результатів і рекомендації щодо їх використання

Одержані в роботі результати стосовно терморезистивних (температурні залежності питомого опору і ТКО) і магніторезистивних (польові залежності опору і МО) властивостей плівкових систем на основі заліза і германія можуть бути використані у групах і лабораторіях плівкового матеріалознавства у закладах вищої освіти та дослідницьких установах. Зокрема, у роботі запропонований метод використання пошарової конденсації з подальшим термовідпалюванням для отримання плівкових германідів металів, що дає можливість отримувати стабільні робочі характеристики функціональних плівкових матеріалів на їх основі. Окрім зазначеного, результати досліджень магніторезистивних і магнітооптичних властивостей плівок дозволили визначити оптимальну концентрацію однієї з компонент та загальну товщину систем для використання їх як високоефективних чутливих елементів сенсорів магнітного поля.

4. Достовірність результатів та ступінь обґрунтованості положень

Достовірність отриманих у дисертаційній роботі результатів та ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків забезпечується, в першу чергу, широким спектром застосованих при виконанні роботи сучасних методів досліджень, зокрема використання автоматизованих комплексів, у т. ч. варіант віддалено-контрольованої лабораторної установки з комп'ютерною обробкою результатів (для дослідження температурних залежностей ТКО та польових залежностей МО), методів електроннографії, електронної мікроскопії (для дифракційних і структурних досліджень), енергодисперсійного аналізу (для вивчення концентраційних ефектів, методу магнітооптичного ефекту Керра (для дослідження магнітооптичних властивостей) та рентгенівської спектроскопії.

Крім зазначеного, достовірність, обґрунтованість і коректність наукових результатів та висновків дисертаційної роботи забезпечується систематичністю і повторюваністю отриманих результатів та узгодженням їх з результатами інших авторів.

5. Зауваження щодо змісту і оформлення роботи

1. При дослідженні електрофізичних властивостей плівок Ge/Fe/підкладка, характер температурної залежності питомого опору дисертант пояснив, виходячи із гіпотези утворення екситонів Ван'є – Мотта. Оскільки у цьому процесі, за оцінкою автора, задіяне біля 4% електронів в плівці Fe, то можливо, в даному випадку певний внесок у зміну величини опору дає інший механізм, зокрема, зміна коефіцієнта дзеркального відбиття електронів межами поділу шарів та коефіцієнта проходження носіїв заряду у сусідній шар металу або напівпровідника.

2. На рис.3.13-3.15 наведені температурні залежності опору для дво- і тришарових плівок на основі Fe і Ge, які відрізняються, попри те, що в роботі не аналізується, які фазові перетворення проявляються у першому та другому випадках.

3. Порівняння експериментальних і розрахункових параметрів (Таблиця 3.3) вказує на те, що відхилення між даними складає величину від 5,4% до 9,8%. Не дивлячись на відносну гарну відповідність результатів,

дисертантом вказуються причини невідповідності (модель не повністю враховує ефекти поверхневої генерації і рекомбінації носіїв заряду та рівень інжекції в плівковій системі на основі металу і напівпровідника), але не пропонуються шляхи удосконалення одновимірної діодної моделі.

4. Наведені автором результати досліджень магніторезистивних властивостей (рис. 4.5 і 4.6) вказують на те, що у плівкових сплавах на основі Fe і Ge має місце ефект гігантського магнітоопору з незначною амплітудою, але у дисертаційній роботі це не знайшло свого пояснення з точки зору можливого механізму реалізації спін-залежного розсіювання електронів.

5. Стилiстичні зауваження, які не стосуються безпосередньо змісту дисертації, але дещо затрудняють сприйняття матеріалу. У тексті роботи одночасно використовуються терміни: «решітка» (стор. 4, 20, 21, 46, 49, 51, 52, 76) і «гратка» (стор.52 і 67); плівкова система (стор. 4-8, 32, 35, 39, 48, 67, 78), плівкова структура (стор.82) і плівковий матеріал (стор. 4-9, 23, 81, 90).

6. Загальний висновок та відповідність дисертації встановленим вимогам

Усі вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Власенка О.В. Без сумніву, робота представляє собою завершену кваліфікаційну працю, яка базується на значному обсязі експериментального матеріалу, надійності та коректності отриманих результатів. Дисертаційна робота Власенка О. В. є завершеним науковим дослідженням, в якому вирішена проблема сучасної фізики твердого тіла, яка пов'язана із встановленням взаємного зв'язку між електрофізичними, магніторезистивними, магнітооптичними та гальваномагнітними властивостями плівкових сплавів на основі заліза і германія.

Результати дисертації відображені у 22 наукових працях, серед яких 7-м статей, зокрема 5-ть статей, що обліковуються наукометричною базою Scopus, 2-і з яких належать до квартиля Q2 і 4-ри – до квартиля Q3; 2-і статті у фахових виданнях України та 15 тез доповідей.

Автореферат відповідає змісту дисертаційної роботи, результати досліджень повністю відображені в публікаціях.

Враховуючи актуальність тематики, науковий рівень, достовірність, обґрунтованість і новизну результатів та їх практичну цінність, вважаю, що дисертаційна робота «Електрофізичні і магніторезистивні властивості плівкових сплавів на основі Fe і Ge» задовільняє встановленим вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, а саме, пп. 9, 11–13 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор, Власенко Олександр Володимирович, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент,
професор кафедри фізики Харківського
національного університету будівництва та
архітектури, д-р фіз.-мат. наук, професор



Дехтярук Л. В.



ПАР ХУБА
30.08.2021р.