

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Пилипенка Олександра Валерійовича

«Електрофізичні та магніторезистивні властивості плівкових систем  
на основі Fe, Ni та Ag або Au»

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 багат шарових і багатокомпонентних плівкових систем пов'язана в першу чергу з тим, що в них можна вивчати явища, які практично не проявляються або взагалі не мають місця в масивних матеріалах, але представляють інтерес з точки зору вирішення фундаментальних проблем плівкового матеріалознавства і фізики твердого тіла в цілому. При цьому очевидним є той факт, що для розуміння фізичних процесів під дією різних факторів (температури, деформації і магнітного поля), особливу увагу необхідно приділяти вивченню властивостей плівкових матеріалів (концентраційні і розмірні ефекти, особливості кристалічної структури, процеси фазоутворення та ін.), механізмів і умов утворення твердих розчинів, гранульованого стану та інтерметалідних фаз. Необхідно також відмітити, що плівкові системи на основі феромагнітних і благородних металів, належать до систем, у яких відбуваються процеси формування магнітних гранул і виникає спін-залежне розсіювання електронів провідності, яке реалізується в ефект гігантського магнітоопору (ГМО).

Цей комплекс не до кінця вирішених питань обумовив актуальність тематики дисертаційної роботи та її мету, яка полягала у встановленні загальних закономірностей в електрофізичних, магніторезистивних та магнітооптичних властивостях плівкових систем на основі феромагнітних (Fe, Ni) та благородних (Ag, Au) металів в умовах розмірних і концентраційних ефектів.

Дисертаційна робота Пилипенка О.В. виконувалась за держбюджетними тематиками Міністерства освіти і науки України, у відповідності до плану спільного проекту науково-технічного співробітництва між Сумським державним



університетом і Університетом Барода (м. Вадодара, Індія), а також у рамках державної програми МОН України згідно з договором між СумДУ та Інститутом фізики Університету ім. Й. Гутенберга (м. Майнц, Німеччина), де дисертант брав участь як виконавець наукових досліджень.

## **2. Загальна характеристика і структура роботи**

У дисертаційній роботі розв'язана актуальна задача у проблемі фізики твердого тіла, пов'язана із вивченням взаємозв'язку кристалічної структури і фізичних властивостей дво- або трикомпонентних плівок з урахуванням концентраційних ефектів в електрофізичних і магніторезистивних властивостях гранульованих плівкових систем, отриманих методами одночасної або пошарової конденсації.

Відповідно до поставленої мети автором були вирішені наступні задачі:

- проведені дослідження впливу методу та умов осадження, термообробки, товщини шарів (концентрації атомів окремих компонент) на структурно-фазовий стан плівок, отриманих методами пошарової або одночасної конденсації;
- встановлена відповідність між кристалічною структурою і фазовим складом плівкових систем на основі Fe, Ni та Ag або Au та їх фізичними властивостями;
- досліджені розмірні та концентраційні ефекти в магнітоопорі (МО), термічному коефіцієнті опору (ТКО) та коефіцієнті тензочутливості (КТ) з точки зору практичного застосування плівкових матеріалів на основі феромагнітних і благородних металів як елементів електроніки і сенсорної техніки;
- проведені дослідження магнітооптичних властивостей плівкових систем на основі Fe та Ag з варіюванням товщини шару Ag, сформованих методом пошарової конденсації, для вивчення явища антиферомагнітної взаємодії, аналізу процесів перемагнічування та підтвердження реалізації в плівкових матеріалах гранульованого стану.

Аналізуючи дисертацію в цілому, можна вказати найбільш вагомим

фундаментального і прикладного характеру результати, які визначають *наукову новизну* роботи:

– показано, що у плівкових системах на основі Fe і Ag або Au, отриманих методом одночасної конденсації металів, уже на стадії конденсації відбувається формування неупорядкованих обмежених твердих розчинів (т.р.): в системах (Fe+Ag)/П (П–підкладка) т.р. формуються на основі ГЦК гратки Ag; в системах (Fe+Au)/П залежно від концентрації атомів Fe стабілізується ГЦК т.р. Au(Fe) ( $c_{\text{Fe}} < 55$  ат.%) та квазіаморфний або ОЦК т.р.  $\alpha$ -Fe(Au) ( $c_{\text{Fe}} = 65–85$  ат.%)

– уперше отримані концентраційні залежності ТКО та МО, які показали, що максимальні значення МО (1,5–2,5%) та мінімальні – ТКО  $(0,8–1,0) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$  спостерігаються при концентрації атомів благородного металу від 65 до 70 ат.%, що говорить про можливість практичного застосування таких плівкових матеріалів як температурно-стабільних елементів сенсорів магнітного поля;

– вперше встановлено, що на характер деформаційних залежностей та величину коефіцієнта тензочутливості впливають не тільки структурні зміни, які відбуваються у плівці при деформації, але і концентраційний ефект, що пов'язаний із зміною довжини вільного пробігу електронів при їх розсіюванні на атомах магнітної компоненти, а величина коефіцієнта тензочутливості в плівкових системах на основі Fe і Ag, Fe і Au та Ru і Ag, отриманих методом одночасної конденсації металів, має величину від 20 до 60 одиниць при стабільному фазовому стані плівок, який відповідає ГЦК-Ni<sub>3</sub>Fe+ГЦК-Ag, і, відповідно, їх високій температурній стабільності;

– показано, що в плівкових системах Ag/Fe/Ag (при  $d_{\text{Fe}} = \text{const} = 3$  нм) варіювання ефективної товщини верхнього шару Ag від 5 до 1 нм приводить до зміни форми МОКЕ-сигналу та зменшення величини коерцитивної сили від 15 до 5 мТл.

Якщо зробити оцінку результатів роботи в цілому, то вони значно розширюються уявлення про структурно-фазовий склад і концентраційні ефекти у дво- і трикомпонентних плівкових системах.

Робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел.

### **3. Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях**

Результати дисертації відображені у 20 працях, серед яких 8 статей, у т.ч. 6 статей, що обліковуються наукометричною базою Scopus, та відносяться до фахових видань України і 12 тезах доповідей. У публікаціях відсутні матеріали, що дублюються, а автореферат повністю відповідає змісту дисертації.

### **4. Практичне значення результатів і рекомендації щодо їх використання**

Одержані в роботі результати стосовно терморезистивних (температурні залежності питомого опору і ТКО, коефіцієнти тензочутливості) і магніторезистивних (польові залежності опору і МО) властивостей плівкових систем на основі феромагнітних і благородних металів можуть бути використані у групах і лабораторіях плівкового матеріалознавства ряду вищих навчальних закладів та дослідницьких установ. Зокрема, удосконалена методика отримання твердих розчинів методом одночасної конденсації з подальшою термічною обробкою дає можливість отримати стабільні робочі характеристики функціональних плівкових матеріалів на основі феромагнітних і благородних металів. Крім того результати досліджень магніторезистивних і магнітооптичних властивостей плівок дозволили визначити оптимальну концентрацію однієї з компонент та загальну товщину системи для використання їх як високоефективних чутливих елементів сенсорів магнітного поля.

### **5. Достовірність результатів та ступінь обґрунтування наукових 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 із комп'ютерною обробкою результатів (для дослідження електрофізичних і магніторезистивних властивостей), методів електронографії і електронної мікроскопії (для дифракційних і структурних досліджень) та енергодисперсійного аналізу (для вивчення концентраційних ефектів), методу магнітооптичного ефекту Кера (для дослідження магнітооптичних властивостей).

Крім того, достовірність і обґрунтованість наукових результатів та висновків дисертаційної роботи забезпечується систематичністю і повторюваністю отриманих результатів, якісною відповідністю теоретичних моделей і експериментальних даних, які узгоджуються їх з результатами інших авторів.

## **6. Зауваження щодо змісту і оформлення роботи**

1. Наведені автором результати досліджень магніторезистивних властивостей (рис. 4.7 і 4.9) вказують на те, що у плівкових системах на основі Fe і Ag або Au має місце ефект гігантського магнітоопору, але у дисертаційній роботі це не знайшло свого пояснення з точки зору реалізації спін-залежного розсіювання електронів у гранульованих плівкових сплавах.

2. У роботі також не знайшла свого пояснення відсутність температурної залежності ГМО у плівкових системах на основі Fe і Au (рис.4.13 і 4.14) в інтервалі температур 450 – 1100 К.

3. Отримані розмірні залежності для питомого опору і термічного коефіцієнту опору для одношарових плівок Fe, Ag і Au (рис. 5.3, 5.4, 5.6) були лише якісно порівняні з моделлю ефективної довжини вільного пробігу, хоча, у рамках ізотропної моделі Тельє-Тосе-Пішар можна було б отримати надійні результати стосовно важливих параметрів електроперенесення (середньої довжини вільного пробігу електронів, параметра дзеркальності, коефіцієнтів проходження меж зерен та інтерфейсів).

4. Оскільки автором роботи двокомпонентні плівкові матеріали формувались методами як одночасної, так і пошарової конденсації металів, то

цікавим було б навести порівняльну таблицю з даними по ТКО, КТ і МО для плівок однакової товщини, отриманих різними методами конденсації.

## 7. Загальний висновок

Дисертаційна робота Пилипенка О.В. представляє собою завершену кваліфікаційну працю, яка базується на значному обсязі експериментального матеріалу. У роботі одержані нові та науково обгрунтовані результати, що розширюють і поглиблюють розуміння фізичних процесів у плівкових системах на основі феромагнітних і благородних металів.

Враховуючи актуальність тематики, обгрунтованість і новизну результатів, достовірність висновків та практичну цінність, вважаю, що дисертаційна робота «Електрофізичні та магніторезистивні властивості плівкових систем на основі Fe, Ni та Ag або Au» задовольняє встановленим вимогам ДАК МОН України щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата наук, а саме, пп. 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а її автор, Пилипенко Олександр Валерійович, 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.ф.-м.н., професор

Дехтярук Л.В.



Підпис Дехтярук Л.В. засвідчує  
Проректор з науково-педагогічної  
роботи Гончаренко О.П.