

В І Д Г У К

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

Актуальність теми дисертації

Унікальні фізичні властивості нанокристалічних і нанорозмірних плівкових зразків постійно знаходяться в полі зору дослідників. При цьому велика увага приділяється пошукам підвищення стабільності і чутливості робочих характеристик таких матеріалів у часі або під впливом температури, деформації та магнітного поля. З огляду на це великий інтерес викликають дослідження кристалічної структури і процесів фазоутворення, а також електрофізичних, магніторезистивних і магнітооптичних властивостей багат шарових і багатокомпонентних плівкових матеріалів на основі металів. Значний інтерес представляють фізичні властивості плівок гранульованих сплавів, в яких виникає спін-залежне розсіювання електронів. Слід відмітити, що ряд проблем залишаються не достатньо вирішеними, зокрема, дослідження електрофізичних (термо- і тензорезистивних) властивостей дво- і трикомпонентних плівкових матеріалів на основі феромагнітних і благородних металів, отриманих різними методами конденсації, що стимулювало проведення комплексних досліджень властивостей, кристалічної структури і особливостей процесів фазоутворення в таких плівкових матеріалах.

Узагальнюючи вище сказане, можна зазначити, що тема дисертаційної роботи О.В. Пилипенка являється актуальною і своєчасною, оскільки в ній проведено комплексне дослідження взаємозв'язку між структурно-фазовим станом та електрофізичними (електричний опір, температурний коефіцієнт опору – ТКО, коефіцієнт тензочутливості – КТ) і магніторезистивними (МО, у т.ч. анізотропний – АМО та гігантський – ГМО) властивостями дво- і компонентних плівкових систем на основі феромагнітних (Fe, Ni, пермалой – Ру) та благородних (Ag, Au) металів.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Мета дисертаційної роботи полягала у встановленні загальних закономірностей в електрофізичних, магніторезистивних та магнітооптичних



властивостях плівкових систем на основі Fe, Ni та Ag або Au в умовах розмірних і концентраційних ефектів.

Відповідно до поставленої мети Пилипенку О.В. необхідно було вирішити такі завдання:

– дослідження впливу методу та умов осадження, термообробки, концентрації атомів окремих компонент на структурно-фазовий стан плівок, отриманих методами одночасної або пошарової конденсації;

– установлення відповідності між особливостями кристалічної структури і фазового складу плівкових систем на основі феромагнітного металу (Fe), сплаву на основі Fe і Ni (Ru) та благородних металів Ag або Au з їх фізичними властивостями;

– проведення досліджень розмірних і концентраційних ефектів у МО, ТКО та КТ з точки зору розуміння фізичних процесів та формування плівкових матеріалів з прогнозованими властивостями і фазовим складом.

Робота включає в себе п'ять розділів, вступну частину, узагальнюючі висновки та перелік літературних джерел.

Аналізуючи роботу в цілому слід відмітити, що найбільш вагомими результатами були викладені у третьому, четвертому та п'ятому розділах дисертації, які визначають **наукову новизну** роботи.

1. Виходячи із досліджень кристалічної структури і фазового складу, уперше встановлено, що в плівкових системах на основі Fe і Ag або Au, отриманих методом одночасної конденсації металів, уже на стадії конденсації відбувається формування неупорядкованих обмежених твердих розчинів: в системі (Fe + Ag)/П (П-підкладка) тверді розчини формуються на основі ГЦК ґратки Ag; в системі (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. α -Fe(Au) ($c_{\text{Fe}} = 65\text{--}85$ ат.%).

2. Уперше показано, що при заміні шару Fe на шар Ru в системах на основі Ru і Ag (фазовий склад плівок відповідає ГЦК-Ni₃Fe + ГЦК-Ag) та концентрації атомів Ag від 30 до 45 % відбувається суттєве зростання коефіцієнта поздовжньої тензочутливості від 20–30 до 50–60 одиниць при стабільному до температури 750 К фазовому складі.

3. Уперше одержані концентраційні залежності ТКО, КТ та МО і встановлено, що в концентраційному інтервалі 65 – 70 % атомів благородного металу фіксуються максимальні значення КТ (20 – 60 одиниць) і МО (1,5–2,5%) і, в свою чергу, мінімальні значення ТКО = $(0,8\text{--}1,0) \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, що є перевагою таких плівкових матеріалів з точки зору їх застосування як температурно-стабільних плівкових елементів сенсорів магнітного поля.

4. Для тонких фольг пермалою $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ товщиною 30 – 40 нм вивчена залежність форми петлі МОКЕ-сигналу від коефіцієнта форми (відношення довжини зразка до його ширини) та встановлено, що при зменшенні коефіцієнта форми від 50 до 0,1 кут нахилу петлі магнітного гістерезиса змінюється, а коерцитивна сила зменшується від 1,6 до 0,8 мТл.

Практичне значення результатів досліджень

Одержані в роботі концентраційні, температурні, деформаційні та польові залежності опору, ТКО, КТ або МО дво- і трикомпонентних плівок можуть бути використані у групах і лабораторіях плівкового матеріалознавства закладах вищої освіти та дослідницьких установ для прогнозування властивостей плівкових матеріалів. Проведені комплексні дослідження властивостей і процесів фазоутворення дозволили установити фізико-технологічні умови формування гранульованих плівкових сплавів на основі феромагнітних і благородних металів, які мають важливе практичне значення при створенні функціональних елементів електроніки з покращеними характеристиками (МО і КТ), стабільними в області підвищених температур.

Достовірність результатів та ступінь обґрунтування наукових положень

Достовірність отриманих у дисертаційній роботі результатів та ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків забезпечується в першу чергу сумісним використанням резистивних методів дослідження електрофізичних властивостей і електронно-променевих методів дослідження фазового складу та кристалічної структури. Були використані поширені у фізиці твердого тіла методи дослідження магніторезистивних і магнітооптичних властивостей та фізична трактовка результатів. Крім того, достовірність і обґрунтованість наукових результатів та висновків дисертаційної роботи забезпечується систематичністю і повторюваністю даних та узгодженням з результатами інших авторів, отриманих на прикладі плівкових матеріалів аналогічної архітектури і хімічного складу.

Зауваження до роботи

1. У дисертаційній роботі наведений великий масив результатів структурних досліджень, проведених методом електронної мікроскопії

- та електронографії, але якість деяких електронограм і знімків кристалічної структури (наприклад, рис. 3.3, 3.10, 3.11) досить низька.
2. На рис.4.12 представлена залежність магнітоопору від атомної концентрації немагнітної компоненти для плівок на основі Fe і Au, отриманих одночасною конденсацією, яка повинна була проілюструвати т.зв. концентраційний ефект у магнітоопорі, що має всі ознаки гігантського магнітоопору (ГМО). Наявність максимуму на залежності ГМО від c_{Au} автор пояснює структурним переходом, який правильно позначається як т.р. α -Fe(Au) \leftrightarrow т.р.Au(Fe), хоча, на наш погляд, це супутній ефект, а основна причина полягає у формуванні гранульованого стану при концентрації $c_{Fe} \cong 30$ ат.%, у результаті чого виникає спін-залежне розсіювання електронів і, як наслідок, ефект ГМО. На жаль, автор у таких термінах не пояснив залежність на рис.4.12.
 3. У першому висновку стверджується про стабілізацію квазіаморфної фази у плівках на основі Fe і Au, але, скоріше за все, мова може йти про нанокристалічні плівки. В іншому випадку залишається незрозумілим, чому в подібних плівках на основі Fe і Ag вказана квазіаморфна фаза не спостерігається.
 4. Наведене співвідношення (5.8) лише дуже якісно може пояснити концентраційні залежності інтегрального коефіцієнта поздовжньої тензочутливості (рис. 5.15) для плівкових систем на основі Fe і Au або Ag та Ru і Ag. У такому випадку краще було б скористатися відповідним співвідношенням для коефіцієнта тензочутливості гранульованих сплавів або співвідношенням для твердих розчинів.
 5. У роботі зустрічаються стилістичні неточності: автором для характеристики одних і тих самих процесів відпалювання зразків протягом декількох циклів в певному інтервалі температур використовуються різні терміни «термовідпалювання» (стор.3-5, 33, 37, 38, 45, 72, 159), «відпалювання» (стор.2, 3, 5, 34, 37, 41, 72, 79) і «термообробка» (стор. 4, 38, 40, 48, 65, 102); некоректне висловлювання щодо утворення Fe_3O_4 «хімічний перехід $Fe \rightarrow Fe + Fe_3O_4$ » (стор. 71).

Загальний висновок

Указані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Пилипенка О.В. Основні наукові та практичні результати роботи оприлюднені і обговорені на Міжнародних та Всеукраїнських конференціях. Вони відображені у 20 працях, з яких 8 статей, зокрема 6 статей, що обліковуються наукометричною базою Scopus та

належать до фахових видань України, і 12 тезах доповідей. Результати наукових досліджень автора повністю освітлені у наукових роботах, автореферат відображає зміст дисертаційної роботи.

Дисертація Пилипенка О.В. є завершеною науково-дослідною роботою, в якій отримані нові науково обґрунтовані експериментальні результати, що дозволяють вирішити питання, пов'язані із фізичними процесами у плівкових матеріалах на основі феромагнітних і благородних металів та їх магніто-, термо і тензорезистивними властивостями, кристалічною структурою і фазовим складом.

Таким чином, за актуальністю і новизною отриманих результатів, їх рівнем, обсягом, достовірністю і обґрунтованістю, науковим і практичним значенням, дисертаційна робота Пилипенка О.В. відповідає вимогам ДАК МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема, пп. 9, 11 – 13 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», а Пилипенко Олександр Валерійович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент

завідувач відділом радіаційної біофізики

Інституту прикладної фізики НАН України,

кандидат фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник

Данильченко С.М.

Підпис зав. відділу радіаційної біофізики
к.ф.-м.н., в.н.с. Данильченко С.М.
засвідчую чл. секр ІІІР НАН України
Ворошню О.У.

