

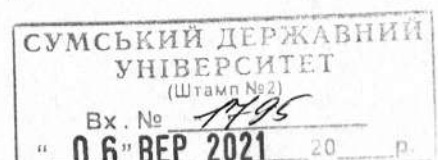
**ВІДГУК**  
**офіційного опонента на дисертаційну роботу**  
**Шутилевої Ольги Вікторівни**  
**«Фазовий склад та магніторезистивні і магнітні властивості**  
**приладових структур на основі Ni і Co та Dy або Ві»**  
**поданої на здобуття наукового ступеня**  
**кандидата фізико-математичних наук**  
**за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем**

**1. Актуальність та практичне значення роботи**

Дисертаційна робота О. В. Шутилевої присвячена комплексному дослідженню взаємозв'язку структурно-фазового стану та магнітних і магніторезистивних характеристик плівкових систем на основі Ni і Co та Dy або Ві з точки зору їх практичного застосування у приладових структурах. Для встановлення відповідних залежностей дисертанткою були проведені ряд експериментальних досліджень з використанням сучасного наукового обладнання та з урахуванням методів отримання зразків та умов їх термообробки.

Особливий інтерес викликають поєднання перехідних і рідкоземельних металів при виготовленні нових приладових структур за рахунок взаємного антиферомагнітного впорядкування у таких структурах. У плівкових системах можуть бути отримані високі значення магнітних та магніторезистивних характеристик при певних комбінаціях компонентів, умовах отримання і взаємозв'язку зі структурно-фазовим станом. На даний час ще у недостатній мірі досліджені можливості використовувати плівкові системи Ni (Co) та Dy або Ві як самостійні функціональні елементи, оскільки у ряді розглянутих досліджень не проведені комплексні дослідження та взаємозв'язки з їх структурними особливостями.

Вище зазначене вказує на актуальність комплексного дослідження особливостей кристалічної структури та фазового складу, розмірної та температурної залежностей магнітних та магніторезистивних властивостей



плівкових систем на основі Ni (Co) та Dy або Ві як функціональних елементів приладових структур.

## 2. Загальна характеристика роботи

За своєю структурою дисертаційна робота складається з чотирьох розділів.

У **першому розділі** наведений літературний огляд, який присвячений особливостям отримання зразків та структурно-фазового стану одно- та багат шарових плівок на основі феромагнітних та рідкоземельних металів або бісмуту, а також магнітних і магніторезистивних характеристик.

У **другому розділі** «Методика і техніка експерименту» дисертантка описала методику отримання зразків і умови подальшої термообробки плівкових систем та дослідження структурно-фазового стану, магнітних і магніторезистивних властивостей.

У **третьому розділі** «Фазовий склад та кристалічна структура плівкових зразків» наведено результати експериментальних досліджень кристалічної структури та фазового складу одно- та тришарових плівок у свіжесконденсованому стані та після термообробки у діапазоні температур 680–1000 К.

**Четвертий розділ** «Магнітні та магніторезистивні властивості» присвячений дослідженням польових залежностей магнітоопору та петель гістерезису плівкових систем на основі Ni (Co) та Dy або Ві та висвітлено питання їх можливого практичного використання. Дисертанткою показано, що системи Co/Vi/Co мають найбільші значення коефіцієнту прямокутності після термообробки, що дає можливість розглядати їх у якості магнітного середовища запису інформації. Плівкові системи Ni/Dy/Ni дозволяють розглядати її як функціональний елемент датчика реагування на зміну магнітного поля незалежно від геометрії вимірювання за рахунок значень величини чутливості. Для системи на основі Co і Dy показана доцільність їх використання як чутливих елементів індукційних датчиків.

### **3. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій**

У дисертаційній роботі Шутилевої О. В. вирішена задача комплексного дослідження кристалічної структури і фазового складу, магнітних та магніторезистивних характеристик тришарових плівкових систем на основі Ni (Co) та Dy або Bi.

Проведені експериментальні дослідження структурно-фазового стану плівок з проміжним шаром із Dy показали, що їх магнітні й магніторезистивні характеристики напряму залежать від того у якому стані перебуває диспрозій: квазіаморфному чи кристалічному. Встановлено, що для всіх досліджуваних плівкових систем фіксується анізотропний характер магнітоопору за кімнатної температури вимірювання. Показано, що при зміні товщини прошарку з виконаного з аморфного Dy залежність магнітоопору і коерцитивної сили носить немонотонний характер, який зникає при переході у кристалічний стан.

Дослідження магнітних властивостей показали, що після термообробки у тришарових плівках у більшості випадків відбувається зростання величини коерцитивної сили, намагніченості насичення та залишкової намагніченості. У тришарових плівках Co/Bi/Co у свіжосконденсованому стані коерцитивність не залежить від товщини прошарку з Bi, після відпалювання до 680 K її значення зростає зі збільшенням ефективної товщини Bi.

Показано можливість практичного використання результатів дослідження для розробки функціональних елементів індукційних датчиків положення, анізотропних магніторезистивних датчиків положення і кута повороту, магнітного середовища запису інформації, що будуть мати стабільні робочі характеристики в широкому діапазоні температур.

### **4. Повнота вкладу результатів дисертації в опублікованих працях**

Основні результати дисертаційної роботи відображені у 17 працях (7 у виданнях що індексуються наукометричною базою Scopus та/або WoS), серед яких 2 статті у фахових виданнях України, 4 у закордонних виданнях та 1 стаття у матеріалах конференції й 10 тез доповідей.

У публікаціях відсутні матеріали що дублюються, а автореферат повністю відповідає змісту дисертації.

## 5. Достовірність та наукова новизна одержаних результатів

Достовірність отриманих результатів у дисертаційній роботі Шутилевої О. В. та ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків забезпечується, в першу чергу, широким спектром сучасних методів досліджень із використанням автоматизованих комплексів та комп'ютерних програм для обробки результатів досліджень, експериментальних методів електронної мікроскопії та електронографії, резистометрії та вібраційної (VSM) магнітометрії. Коректність результатів підтверджується їх повторюваністю та узгодженням із результатами інших авторів.

Ознайомлення з оригінальними результатами дисертаційної роботи дозволяє сформулювати наступну **наукову новизну**:

1. Установлено, що свіжосконденсовані плівки (за  $T_n \cong 460$  К) Co/Bi/Co мають фазовий склад ГЦП-Co + ГЦК-Co + ромбоєдричний-Bi. У системі Co (5)/Bi (x)/Co (10)/П після відпалювання за температури 900 К при товщині  $d_{Bi} \leq 5$  нм повністю окислюється шар Bi і переходить в аморфний стан. Зі збільшенням  $d_{Bi}$  фіксується тетрагональна фаза  $Bi_2O_3$ .

2. Уперше показано, що розмірна залежність магнітоопору тришарових плівок Co/Dy/Co, Ni/Dy/Ni ( $d_{Dy} < 15$  нм) має немонотонний характер.

3. Установлено взаємозв'язок магнітних та магніторезистивних властивостей матеріалів функціональних елементів на основі Ni (Co) і Dy або Bi з їх структурно-фазовим складом залежно від товщини окремих шарів. Показано, що при переході прошарку Dy із квазіаморфного стану в кристалічний зникає немонотонний характер залежностей МО від ефективної товщини Dy; максимальні значення величини магнітоопору (0,6 %) для системи Co/Dy/Co спостерігаються в перпендикулярній геометрії вимірювання, коли Dy перебуває в квазіаморфному стані.

4. Уперше встановлено близький до лінійного характер залежності МО від зміни орієнтації зразка при переході від перпендикулярної до поперечної геометрії вимірювання плівок Co/Bi/Co в інтервалі кутів від  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , а для Co/Dy/Co – від  $30^\circ$  до  $90^\circ$ , що дозволяє розглядати такі плівкові зразки як чутливі елементи індукційних датчиків.

## **6. Наукове та практичне значення результатів дисертації**

Отримані у роботі результати, мають фундаментальне і прикладне значення. Фундаментальне значення полягає у тому, що поглиблюються розуміння фундаментальних питань стосовно взаємозв'язку структурно фазового стану та магнітних і магніторезистивних властивостей плівкових систем, та вплив термообробки на стабільність робочих характеристик матеріалів для чутливих елементів датчиків магнітного поля.

Практичне значення результатів обумовлено можливим застосуванням виходячи з результатів дослідження впливу орієнтації зразків у зовнішньому магнітному полі на магнітні та магніторезистивні характеристики та встановлених залежностей чутливості тришарових плівок до магнітного поля у різних геометріях вимірювання. Залежність чутливості електричного опору від магнітного поля в одно- та тришарових плівках, як матеріалах для функціональних елементів датчиків, дає можливість установити швидкість реагування датчика на зміну вхідного сигналу, точність його вимірювання при детектуванні слабких магнітних полів.

## **7. Зауваження до роботи**

1. При дослідженні магнітних та магніторезистивних властивостей три- та багатошарових плівкових структур особливо важливим є питання структурної суцільності шарів. При обговоренні особливостей магнітних та магніторезистивних властивостей тришарових плівок у роботі цьому питанню приділяється мало уваги. Також, необхідно було більш детально обґрунтувати

доцільність вибору товщин як магнітних так і немагнітних шарів та зміну товщини нижнього шару у тришарових системах.

2. У роботі бажано було б навести результати дослідження магніторезистивних властивостей для зразків Co/Vi/Co які були отримані при різних температурах підкладки.

3. У підрозділі 5.5 наведені петлі гістерезису намагніченості, отримані при різних орієнтаціях зразка з кроком у  $15^\circ$  ускладнює сприйняття результатів дослідження.

4. У роботі приведено експериментальні дані, отримані різними методами без зазначень похибки вимірювань.

5. Залишається до кінця не з'ясованим питання щодо ресурсу роботи функціональних елементів на основі досліджених тришарових структур у зв'язку з можливою їх деградацією внаслідок еволюції кристалічної структури та протікання дифузійних процесів.

6. Фізичні причини немонотонного характеру залежностей магнітоопору та коерцитивної сили для всіх систем обговорюються у недостатній мірі. Потрібно було б більше приділити уваги впливу на величину магнітоопору та коерцитивної сили наявності чи відсутності структурної суцільності прошарків та різних типів можливої магнітної взаємодії між феромагнітними шарами.

7. У тексті дисертації зустрічається використання русизмів, наприклад «кристалічна решітка», «рідкоземельний метал» та граматичні, стилістичні і методологічні помилки.

## **8. Відповідність дисертації встановленим вимогам**

Однак, усі вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Шутілевої О. В. Без сумніву, робота представляє собою завершену кваліфікаційну працю яка базується на значному обсязі експериментального матеріалу, надійності та коректності отриманих результатів. У роботі одержані нові та науково обґрунтовані результати, які

розширюють і поглиблюють розуміння фізичних процесів у плівкових структурах.

Вважаю, що дисертаційна робота «Фазовий склад та магніторезистивні і магнітні властивості приладових структур на основі Ni і Co та Dy або Bi» за актуальністю теми, змістом і об'ємом, науковим рівнем, новизною та практичною цінністю повністю відповідає встановленим вимогам щодо кандидатських дисертацій зокрема пунктам 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Шутилєва Ольга Вікторівна заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.01 – фізика приладів, елементів і систем.

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

Дехтярук Л. В.



30.08.2021р.