

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Попадюк Дарії Леонідівни

“Вплив кристалічної структури на магнітостатичні та магнітодинамічні властивості епітаксіальних плівок сплавів Гейслера”,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 10 “Природничі науки” за спеціальністю 105 “Прикладна фізика та наноматеріали”

Дисертаційна робота Дарії Леонідівни Попадюк присвячена дослідженню фізичних закономірностей формування магнітних характеристик епітаксіальних плівок сплавів Гейслера. Автор розкриває питання актуальності шляхом посилань на численні дослідження пов’язані з теоретичними розрахунками, моделюванням, механічними та функціональними властивостями сплавів Гейслера. Тонкоплівкові матеріали із заданою морфологією та геометрією поверхневих структур широко використовуються в сучасній наноелектроніці, біомедицині, комунікаційних приладах. В останні роки проведено ретельне дослідження феромагнітних та метамагнітних сплавів Гейслера з ефектом пам’яті форми. Такі унікальні фізичні властивості магнітних сплавів Гейслера, як гігантський магнітоопір, гігантська магнітотеплопровідність та обернений магнітокалорійний ефект в останні десятиріччя є предметом досліджень багатьох наукових груп. Однак основні магнітні властивості та їх взаємозв’язок з мікроструктурою епітаксіальних плівок магнітних сплавів Гейслера все ще недостатньо з’ясовані. Безумовно тематика дисертації є **актуальною** у зв’язку з розвитком спінтроніки та магنونіки, де ключовими залишаються питання контролю магнітної динаміки, зменшення коефіцієнта затухання та оптимізації мікроструктури матеріалів.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше проведені систематичні дослідження кореляції між технологією отримання, кристалічною структурою та магнітостатичними і магнітодинамічними характеристиками тонких епітаксіальних плівок Co_2FeGe . Ретельно виконані експериментальні вимірювання показали, що застосовуючи різні комбінації режимів умов напilenня плівок та термообробки, можна керувати структурою епітаксійних плівок Co_2FeGe . Встановлено, що немонотонна залежність магнітних властивостей (таких як параметр затухання Гілберта α , неоднорідне уширення резонансної лінії ΔH_0 та коерцитивне поле H_c) епітаксіальних плівок Co_2FeGe від температури

відпалу (T_a) є результатом конкуренції кількох фізичних механізмів, пов'язаних зі зміною мікроструктури плівок.

Вперше проведено систематичні дослідження формування нанодвійникової структури в епітаксialьних плівках сплавів NiMnSnCo різної товщини, а отримані результати були пояснені в рамках феноменологічної моделі, що враховує конкуренцію напружень на поверхні розділу плівка/підкладка та на границях двійників.

Вперше було експериментально продемонстровано, що магніторезонансні властивості нанодвійникової епітаксialьної плівки сплаву NiMnSnCo є аналогічними до резонансних властивостей синтетичних антиферомагнетиків. Це відкриває шлях для використання явища слабкої антиферомагнітної взаємодії між феромагнітними двійниковими варіантами у штучних антиферомагнітних структурах (наприклад, спінових клапанах). Ця аналогія розширює можливість використання результатів дисертаційної роботи до будь-яких систем, де є структурні неоднорідності.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у розробці технологічних підходів та виявленні фізичних характеристик, необхідних для застосування в промислових циклах магнітної наноелектроніки. Наприклад, наявність сильної гібридизації спінових хвиль у тонких епітаксialьних плівках Co_2FeGe є перспективною для застосування в магнонних схемах обробки сигналів. Виявлене явище нанодвійникування в епітаксialьних плівках сплавів з магнітним ефектом пам'яті форми NiMnSnCo може бути використано для створення магнонних та магнітофотонних кристалів.

Достовірність отриманих результатів забезпечується ґрунтовним експериментальним підходом, а саме: використанням сучасних експериментальних методів дослідження (рентгенівський аналіз, атомно-силова мікроскопія, вібраційна магнітометрія, феромагнітний резонанс, Бріллюенівське розсіювання світла) та коректним поєднанням експериментальних результатів із сучасними моделями магнітної динаміки.

Повнота викладу основних наукових положень в опублікованих працях, відсутність порушень академічної доброчесності.

Основні наукові положення та висновки, отримані в дисертації, є новими та обґрунтованими, що підтверджується 4 публікаціями в журналах, які включені до міжнародних наукових баз Scopus та Web of Science (з яких 2 статті мають квартиль Q1). Результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на 8 вітчизняних та міжнародних наукових конференціях.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Попадюк Д.Л. є

результатом досліджень здобувачки та не містить елементів фальсифікацій та плагіату. Дисертантка докладно окреслила свій особистий внесок у спільних публікаціях. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на сучасні джерела, зокрема на публікації у журналах, що входять до баз Scopus та Web of Science.

Рекомендації та зауваження.

1. Серед методів дослідження вказується скануюча електронна мікроскопія (Вступ, стор16), але результатів дослідження не приведено. Вважаю, що застосування трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ) є вкрай необхідним для підтвердження та уточнення **структурних гіпотез, сформованих у дисертаційній роботі** стосовно областей збагачених германієм, атомного впорядкування $L2_1$, DO_3 та просторового розподілу фаз. Також це дозволило б спостерігати та характеризувати утворення чисельних дефектів, таких як дислокації, дефекти пакування, що можуть виникати під час технологічного процесу епітаксії, внаслідок термічних напружень, фазових перетворень, залишкових напружень.
2. У 4 розділі досліджувалася модифікація магніторезонансних властивостей плівок $NiMnSnCo$ залежно від їхньої товщини та ширини двійникових варіантів. Товщина плівки опосередковано впливає на динаміку спінових хвиль через зміну ширини двійникових варіантів (L_{tw}). **А чи проводились дослідження впливу зміни товщини самої підкладинки на динаміку спінових хвиль чи нанодвійникову структуру?**
3. Список використаних джерел не містить посилання на 2 статті з 4-х , які опубліковані за темою дисертації , а саме 1 та 3, які зазначені на стор.8.
4. Технічні помилки: номери сторінок у змісті вказані не вірно; температура вказана у градусах Цельсія(стор.88,114).
 - У тексті зустрічаються певні граматичні, стилістичні, пунктуаційні помилки, наприклад: 1) у Висновках(стор.115) зустрічається орфографічна/пунктуаційна помилка у слові плівка/підкиладка (має бути: плівка/підкладинка) стор.115; 2) надлишкові або пропущені коми
 - У формулюваннях про особистий внесок спостерігається некоректне використання ком: “В роботі, вона крім того проводила... “(Зайва кома після, та відсутність коми перед та після "крім того" – правильно: В роботі вона, крім того, проводила...).
 - Пропущені слова в реченні (стор.85).
 - Лексичні та термінологічні неточності (русизми, невідповідні слова):

- 1) “осаджених” замість більш точного, у контексті технології, “напилених”, 2) “..ступінь спінової поляризації в цих сплавах є значними в області кімнатних температур..”. Краще казати “ в діапазоні кімнатних температур..”

Вищезазначені зауваження не впливають на загальне позитивне враження від дисертаційної роботи, її новизну, актуальність та достовірність даних.

Загальний висновок.

Враховуючи актуальність, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, вважаю, що дисертаційна робота “Вплив кристалічної структури на магнітостатичні та магнітодинамічні властивості епітаксialьних плівок сплавів Гейслера” відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року та вимогам наказу «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» МОН України № 40 від 12 січня 2017 року, а її авторка **Попадюк Дарія Леонідівна** заслуговує на присудження їй ступеня доктора філософії в галузі знань **10 – Природничі науки за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали**.

Рецензент

старший науковий співробітник
відділу фізики мезо-та нанокристалічних магнітних
структур
Інституту магнетизму ім.В.Г.Бар'яхтара
НАН України
кандидат фіз.мат. наук

Лариса КОЗЛОВА

20 грудня 2025 р.