

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Харлан Юлії Ігорівни

***"Вплив структури та конфігурації феромагнітних планарних наносистем на їхні
магніторезонансні властивості"***

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 104 – “Прикладна фізика та наноматеріали”
в галузі знань 10 – “Природничі науки”

Актуальність. В останні десятиліття відбувається прискорений розвиток в галузі наномagnetизму і спінтроніки, що пов’язано в першу чергу з розвитком технологій по виготовленню магнітних наносистем, а також методів їх дослідження. Другим не менш важливим фактором є інтерес для практичних застосувань: такі системи можуть бути в основі майбутніх електронних пристроїв, які мають на порядки менше енергетичне споживання та/або значно вищу швидкість. Магнітні динамічні властивості таких нових матеріалів і наносистем є центральними для майбутніх пристроїв спінтроніки та магноніки. Тому теоретичне розуміння і кількісний модельний опис поведінки сучасних магнітних наносистем є актуальною темою, що швидко розвивається.

Новизна та обґрунтованість отриманих результатів. Дисертаційна робота фокусується на поясненні і передбаченні магнітних динамічних властивостей у цікавому класі нанорозмірних магнітних наносистем з використанням сучасних феноменологічних розрахунків та мікромагнітного моделювання, із систематичним порівнянням з експериментальними даними. Було отримано ряд нових наукових результатів, серед яких можна виокремити:

- Теоретично виявлено та обґрунтовано антиферомагнітний зв’язок між феромагнітними двійниковими фазами – аустенітною та мартенситною – у тонкоплівкових сплавах Гейслера $\text{NiMn}(\text{Sn}, \text{Co})$. Розвинута феноменологічна модель якісно пояснює і кількісно узгоджується з експериментальними даними ФМР.
- Теоретично пояснено виникнення гігантської двоосної магнітної анізотропії в дещо іншій, але не менш цікавій тонкоплівковій системі сплавів Гейслера NiMnGa . Побудована феноменологічна модель пояснює виникнення цієї анізотропії за рахунок обмінного зв’язку між двійниковими варіантами із сильною ортогональною одноосною анізотропією. Результати кількісно узгоджуються з експериментальними даними ФМР.

- Теоретично досліджено та пояснено зміну магнітодинамічних властивостей в залежності від температури в просторово неоднорідних тонкоплівкових сплавах з ефектом пам'яті форми, таких як сплави Гейслера. Побудована феноменологічна модель дозволила отримати інформацію про розподіл локальних температур мартенситного перетворення і температур Кюрі, та пояснити їх вплив на магнітодинамічні властивості.
- Теоретично та експериментально досліджено спін-хвильові характеристики в масивах магнітних нанoeлементів. Розроблений підхід на основі мікромагнітного моделювання може бути використаний для дизайну планарних нанoeлементів із бажаною спін-хвильовою дисперсією.

Практичне значення отриманих результатів полягає в можливості використання побудованих моделей для прогнозування та оптимізації магнітодинамічної поведінки в подібних планарних наносистемах, які мають значний інтерес для пристроїв спінтроники. До прикладу, результати для тонкоплівкових систем з ефектом пам'яті форми можуть бути використані для дизайну пристроїв пам'яті та спін-динамічної логіки на основі топологічних спінових структур або ж самоорганізованих синтетичних антиферромагнетиків. Результати по планарним нанoeлементомам можуть бути використані для контролю спін-хвильових характеристик пристроїв магнітоніки (дисперсії, ширини лінії резонансу, порядку резонансу, спектральної ширини магнітного шуму).

Повнота викладення результатів дисертації відображена в **6 публікаціях** у наукових фахових журналах (4 статті входять до квартилю Q1, та інші дві до Q2 та Q3, відповідно до SCImago Scientific Journal Rankings), **три з яких у першому авторстві**. Результати були апробовані на 12 міжнародних наукових конференціях із публікацією відповідних тез доповідей.

Академічна доброчесність. Матеріал дисертації є оригінальним, відповідає змісту опублікованих статей та тез конференцій. У тексті дисертації відсутні прояви ***плагіату та академічної недоброчесності***.

Зауваження та побажання до дисертаційної роботи мають рекомендаційний характер і є наступними:

- У розділі 2.2 обговорюється гігантська магнітна анізотропія четвертого порядку, виникнення якої пояснюється двома факторами: (i) існуванням періодичних двійникових структур з односною анізотропією, та (ii) обмінною взаємодією між двійниковими варіантами, величина ефективного поля якої порівняна з ефективним

полем одноосної анізотропії всередині двійників. В роботі показано, що моделювання узгоджується із експериментом, однак за рахунок певним чином обмеженого викладення експериментальних даних важко сказати чим відрізняється така поведінка від очікуваної поведінки для системи із (нехтовно) слабким міждвійниковим обміном.

- Побудовані моделі порівнюються із експериментальними даними, певна частина яких була отримані самою здобувачкою, що є дуже позитивним моментом для розуміння експериментальної специфіки вимірів. Проте в дисертації не зовсім зрозуміло які виміри виконувались авторкою, а які співавторами, що варто було б зазначити, наприклад, у підписі до рисунків.
- В огляді літератури (Розділ 1) подано опис загальних магнітодинамічних властивостей і впливаючих на них факторів з феноменологічної точки зору. Проте, на мою думку, не вистачає літературного аналізу, який би давав *узагальнюючий огляд проблематики* для сучасних планарних наносистем та окреслював сучасний стан речей для систем, які безпосередньо досліджуються в дисертації. Слід зазначити, що літературний аналіз проводиться у відповідних розділах дисертації, але об'єднуючий огляд значно би підсилив розуміння контексту.
- В тексті дисертації є певні технічні недоліки: в переліку умовних позначень перераховано не всі позначення (наприклад, НВЧ та ЕПР відсутні; МСЕПФ має бути «магнітний сплав з ефектом пам'яті форми»), на певних сторінках текст «наїжджає» на номер сторінки (ст. 51, 65, та ін.), та декілька інших описок або технічних недопрацювань.

Дані зауваження не є визначальними та не зменшують загальну наукову значимість результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок. Вважаю, що *дисертаційна робота Ю. І. Харлан «Вплив структури та конфігурації феромагнітних планарних наносистем на їхні магніторезонансні властивості»* є завершеною науковою працею, яка за актуальністю тематики, науковим і практичним значенням, новизною та обґрунтованістю наукових результатів, повнотою їх викладення в фахових публікаціях **відповідає** галузі знань 10 – “Природничі науки”, спеціальності 104 – “Прикладна фізика та наноматеріали”, чинним 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 від 12 січня 2022 р. №

44, а за оформленням – відповідає “Вимогам до оформлення дисертації”, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 (зі змінами). Автор дисертації **Харлан Юлія Ігорівна** заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 10 – “Природничі науки” за спеціальністю 104 – “Прикладна фізика та наноматеріали”.

Рецензент:

кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник
відділу Фізики плівок
Інституту магнетизму НАН України



Дмитро ПОЛЩУК

Підпис Поліщука Д. М. засвідчую
Вчений секретар ІМф НАН України
к.ф.-м.н.




Ірина ШАРАЙ