

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Боринського Владислава Юрійовича**
**«Магнітні та резонансні властивості багат шарових наноструктур з
антиферомагнітними компонентами»,**
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 10 «Природничі науки»
за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота Боринського В.Ю. присвячена дослідженню магнітостатичних та резонансних властивостей багат шарових структур з синтетичними та природними антиферомагнітними компонентами, коли їх характерні лінійні розміри переходять до наномасштабу, що є критичною вимогою для сучасних перспективних напрямів спінтроники. В роботі здобувачем з використанням сучасних експериментальних методик, які включають магнітометрію, спектроскопію феромагнітного резонансу тощо, а також за допомогою мікромагнітних моделювань проведено систематичний аналіз закономірностей зміни ключових магнітних властивостей плівкових гетероструктур $Fe/[Cr/FeCr/Cr]_n/Fe$, $Pu/FeMn/[Cu/Pu]$ та нанорозмірних тришарових елементів $Pu/NiCu/Pu$ в залежності від температури, їх інтегральних компонент та геометричних параметрів. Тематика дисертації відповідає такому перспективному напрямку розвитку сучасної науки і техніки як спінтроніка. Результати, одержані в дисертаційній роботі, можуть бути використані для надання рекомендацій щодо інтеграції досліджених антиферомагнітних наноструктур у якості важливих функціональних компонент для налаштування і оптимізації динамічних процесів кінцевих пристроїв, що також свідчить про **перспективність та актуальність** обраної дисертантом тематики досліджень. Нарешті, дисертаційна робота виконувалася у рамках 5 науково-дослідних робіт і грантів, що теж, безумовно, свідчить про актуальність її тематики.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень і висновків роботи забезпечується успішним порівнянням частини отриманих теоретичних результатів з даними експериментів, використанням стандартних, добре відомих методів досліджень, вибором адекватних моделей тих фізичних явищ, які розглядаються. Визначення та аналіз магнітних параметрів, а також виготовлення досліджуваних об'єктів здійснювалося за допомогою сучасного обладнання та загальноприйнятих експериментальних підходів: реактивного магнетронного напорощення плівок, електронно-променевої літографії, скануючої електронної мікроскопії (SEM),

магнітометрії на базі магнітооптичного ефекту Керра (MOKE), вимірювань намагніченості вібраційним методом (VSM), магнітометрії з використанням надпровідного квантового інтерферометра (SQUID) тощо. Аналітичні розрахунки здійснювалися шляхом мінімізації феноменологічного виразу для густини вільної магнітної енергії (потенціалу Гіббса) системи; числові моделювання виконувалися за допомогою мікромагнітного підходу та дозволили сформулювати уявлення про особливості рівноважного статичного стану та часової еволюції розподілу магнітних моментів у наномасштабі.

Новизна отриманих у дисертації результатів. Усі основні наукові результати дисертації є **оригінальними та отримані дисертантом вперше**. Серед усіх результатів хотілося б виділити наступні. Вперше показано, як використання композитного спейсера з серією повторень тонких прошарків Cr між легованими слабо-феромагнітними FeCr ефективно пригнічує канал прямої обмінної взаємодії та ефект близькості на інтерфейсах, оптимізуючи температурне перемикання стану синтетичного антиферомагнетика (САФ) до відносно вузького температурного інтервалу (15 K) у порівнянні з випадком однорідного спейсера (≥ 100 K). Також виявлено існування додаткового каналу розсіяння спінового струму на інтерфейсі ФМ/АФМ, спричиненого відхиленням спінів від однорідного антиферомагнітного порядку внаслідок конкуренції між ефектом близькості феромагнетика та антиферомагнітним обміном всередині АФМ. Важливою і перспективною є доведена здобувачем можливість безпосереднього контролю над розщепленням граничної моди за допомогою термомагнітного фазового переходу спейсера NiCu із перетворенням нано-САФ у квазі-одношарові елементи.

Практична цінність отриманих результатів. Наукові результати, одержані в дисертаційній роботі, можуть бути використані для прогнозування поведінки складних гетероструктур з антиферомагнітними компонентами при зменшенні їх характерних лінійних розмірів до наномасштабу та під впливом зовнішніх факторів (температури, квазістатичного та високочастотного полів або спінового струму). Результати мають практичну цінність для розробки магнітних наноматеріалів з керованими і відтворюваними магнітними параметрами, перспективних з точки зору їх застосування в електроніці, різних галузях техніки та медицини. Ідеї і моделі, проаналізовані та розроблені в дисертації, а також виявлені фізичні ефекти можуть бути використані в подальшому для теоретичного та експериментального вивчення електромагнітних явищ у спінтронних системах, а також для налаштування і оптимізації динамічних процесів електронних пристроїв.

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях. Основні результати дисертаційної роботи **повністю висвітлені у публікаціях здобувача.** Результати дисертації опубліковані в **6 статтях** у наукових фахових журналах (що індексуються міжнародними наукометричними базами даних Web of Science та Scopus), з яких 3 статті опубліковано в журналах, які входять до кuartилію Q1 відповідно до SCImago Scientific Journal Rankings. Крім того, результати здобувача опубліковані також у **колективній монографії**. Результати дисертаційної роботи пройшли добру апробацію: матеріали представлені на **10** вітчизняних та міжнародних наукових конференціях із опублікуванням відповідних тез доповідей.

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

Зауваження та побажання. Незважаючи на загальне позитивне враження від дисертації, до її тексту можна висловити деякі зауваження та побажання:

- 1) У пункті 5.1.2 шляхом апроксимації значення константи анізотропії у FeMn визначаються параметр міжшарового обміну і намагніченість як функції температури. Чи відомі автору інші, альтернативні підходи до визначення властивостей обмінної взаємодії на інтерфейсах в системах такого типу?
- 2) У підрозділі 4.2 представлені результати досліджень магнітометрії для масивів нанoeлементів САФ Ru/NiCu(20 нм)/Ru, для яких визначена температура переходу між феромагнітним та антиферомагнітним станами становить приблизно 150 К. Разом з тим, у підрозділі 6.2 вивчаються особливості спін-хвильових процесів у близьких за структурою нанoeлементів Ru/NiCu(10 нм)/Ru, але точка переходу для них виявляється помітно вищою і складає 220 К. На жаль, в тексті роботи не коментуються можливі причини такої різниці температури перемикавання.
- 3) У тексті дисертації присутня певна кількість граматичних помилок.

Висловлені зауваження та побажання **не є принциповими**, вони не знижують загальну високу оцінку рівня дисертації.

Загальний висновок. Вважаю, що дисертаційна робота В.Ю. Боринського «Магнітні та резонансні властивості багатшарових наноструктур з антиферомагнітними компонентами» 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 105 «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 Боринський Владислав Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Рецензент:

провідний науковий співробітник

Інституту магнетизму НАН України та МОН України,

доктор фізико-математичних наук,

старший науковий співробітник

Ігор ГЕРАСИМЧУК

21 листопада 2023 р.

Підпис Ігоря ГЕРАСИМЧУКА засвідчую:

Начальник відділу кадрів Інституту магнетизму

НАН України та МОН України

Валерія МАСЛОВСЬКА

“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 Боринський Владислав Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії у галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали».

Рецензент:

провідний науковий співробітник
Інституту магнетизму НАН України та МОН України,
доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

Ігор ГЕРАСИМЧУК

21 листопада 2023 р.

Підпис Ігоря ГЕРАСИМЧУКА засвідчую:
Начальник відділу кадрів Інституту магнетизму
НАН України та МОН України



Валерія МАСЛОВСЬКА