

Рецензія

на дисертаційну роботу

Заморського Владіслава Олексійовича

“Керування магнітними характеристиками та контроль гістерезистних втрат у феритових наночастинках та нанокомпозитах”,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

зі спеціальності 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

в галузі знань 10 – Природничі науки.

Магнітні наночастинки знайшли застосування у багатьох сферах людської діяльності. Одним з великих та важливих напрямків є використання магнітних наночастинок для дистанційного контролю температури та/або безконтактного нагріву без температурних градієнтів і теплових потоків від зовнішніх джерел. Найбільш відомим і досліджуваним є напрям магнітної гіпертермії у біомедицині. Однак він далеко не єдиний, і локальний дистанційний нагрів потрібен і в таких процесах, як затвердіння композитів, склеювання поверхонь, виробництво присадок, температурне керування хімічними реакціями, тощо.

Попри значну і достатньо тривалу увагу наукової спільноти до розробки магнітних наночастинок для потреб дистанційного нагріву, велике коло питань залишається невирішеним. Пов'язано це з великою кількістю специфічних вимог, які висуваються до характеристик наночастинок – розмірів та їх дисперсії, біосумісності, поверхневої активності, робочих температур, тощо – в залежності від області потенційних застосувань. Тому створення нових магнітних наночастинок для потреб дистанційного нагріву та дослідження їх характеристик залишається **актуальною проблемою** сучасної прикладної фізики, хімії та біофізики.

У дисертації використано три підходи до вирішення питання оптимізації характеристик магнітних наночастинок для вищезазначених застосувань, кожен з яких показав свої переваги: (i) регулювання температури Кюрі наночастинок шляхом хімічних заміщень, (ii) синтез наночастинок типу ядро-оболонка з метою розширених можливостей керування намагніченістю та коерцетивністю наночастинок, та (iii) використання поверхневих ефектів, які змінюють магнітні властивості матеріалу при переході до нанорозмірів.

У рамках дисертаційної роботи В. О. Заморським отримано ряд **нових та оригінальних наукових результатів**. Серед усіх результатів хотілось би виділити експериментальне визначення області концентрацій цинку у нікель-цинкових феритах $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$, в межах якої параметри магнітних наночастинок цих феритів задовольняють вимогам для їх використання в якості індукторів нагріву в самоконтрольованій магнітній гіпертермії. Також цікавим і перспективним є результати дослідження наночастинок феритів натрію. У дисертації показано, що ферит натрію $NaFeO_2$, який є неколінеарним антиферромагнетиком в об'ємному стані, при переході до наночастинок (діаметром порядку 32 нм) демонструє відносно велику результуючу

намагніченість завдяки поверхневим ефектам. За рахунок цього наночастинки фериту натрію можуть використовуватись в якості індукторів тепла, причому їх характеристики в якості індукторів є сумірними з характеристиками інших феритових наночастинок. А найцікавішою перевагою є біосумісність фериту натрію.

Крім того, робота має **методологічну цінність**. Так у дисертації для розрахунку функцій розподілу наночастинок за розмірами запропоновано використовувати процедуру, яка ґрунтується на моделюванні кривих намагнічування та їх співставленні з результатами магнітометрії. Показано, що запропонований підхід є достатньо ефективним для аналізу ступеня неоднорідності магнітних параметрів ансамблю наночастинок та прогнозування його поведінки під дією електромагнітних полів.

Достовірність основних результатів забезпечується використанням перевірених експериментальних методик та достатньою вибіркою експериментальних зразків, а у випадку теоретичних результатів – співставленням з експериментом та використанням декількох теоретичних підходів.

Основні результати дисертації **повністю висвітлені у публікаціях** здобувача. Результати представлених досліджень **опубліковані** у 6 статтях у провідних міжнародних та вітчизняних фахових виданнях (реферованих в міжнародних базах Web of Science та Scopus), з яких 4 статті опубліковано у журналах, які входять до кuartилів Q1 та Q2 відповідно до SCImago Scientific Journal Rankings. Відповідно до статті 8 “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії”, кількість публікацій, у яких відображені основні наукові результати, прирівнюється до 10 публікацій, що в понад три рази перевищує мінімально необхідну кількість. Також результати дисертаційної роботи пройшли належну апробацію на 7 всеукраїнських та міжнародних конференціях.

У тексті дисертації **відсутні прояви плагіату** та академічної недоброчесності.

До дисертаційної роботи є низка **зауважень**:

1. У моделі опису петель гістерезису ансамблю наночастинок (п. 4.1.1) не зрозуміло, чому концентрація c є параметром моделі, а не фізичною величиною, визначеною з інших незалежних вимірів.
2. На рис. 4.13 варто було б показати розрахункові характеристики наночастинок типу ядро-оболонка, якби їх характеристики визначались просто сумою характеристик складових. Висновок, що характеристики наночастинок не є простою сумою складових не є таким очевидним з Рис. 4.13, як про це пише автор.
3. У рівнянні (1.8) відсутні одиниці виміру сталої з правого боку знаку рівності.
4. Зустрічаються неточності в термінології: “магнітно-м’який” та “магнітно-жорсткий” (правильно “магнітом’який” та “магнітожорсткий”), а також нетипові терміни: “масова

намагніченість” та “побічна обмінна взаємодія”, значення яких варто пояснити. Крім того, напруженість магнітного поля H у багатьох місцях вимірюється у Тл, хоча це одиниці виміру індукції магнітного поля B .

5. Загалом, дисертація оформлена недостатньо охайно. Зокрема, зустрічається перенос рисунків чи підписів до рисунків на наступну сторінку (Рис. 4.1, 4.2, 4.3), шрифти підписів на рисунках місцями сильно контрастують з розміром шрифтів основного тексту як в більшу, так і меншу сторону (наприклад, Рис. 4.14-4.16, 5.3, тощо), використаний нетиповий спосіб цитування кількох джерел (а саме [1], [3], [5], замість прийнятого [1, 3, 5]). Також англійська версія анотації містить помітну кількість граматичних та стилістичних помилок.

Вищезазначені зауваження переважно стосуються оформлення та подачі результатів дослідження і не впливають на наукову новизну, достовірність та актуальність результатів, представлених у дисертації.

У підсумку, вважаю, що дисертаційна робота Заморського В. О. “Керування магнітними характеристиками та контроль гістерезистних втрат у феритових наночастинках та наноконкомпозитах” **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 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). **Здобувач Заморський В. О. заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань Природничі науки за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.**

Завідувач відділу фізики мезо- та нанокристалічних структур магнітних структур Інституту магнетизму НАН України та МОН України,
доктор фіз.-мат. наук, старший дослідник

Роман ВЕРБА

«31» серпня 2023р.

Підпис Верби Р.В. засвідчую:

Вчений секретар

Інституту магнетизму НАН України та МОН України

канд. фіз.-мат. наук

Ірина ШАРАЙ