

Рішення
разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Разова спеціалізована вчена рада Інституту магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України (ІМаг НАН України та МОН України) прийняла рішення про присудження *Заморському Владіславу Олексійовичу* наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 10 – природничі науки, за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали на підставі прилюдного захисту дисертації *«Керування магнітними характеристиками та контроль гістерезисних втрат у феритових наночастинках та нанокompозитах»*.

«21» вересня 2023 року.

Заморський Владіслав Олексійович, 1994 року народження, громадянин України.

Освіта вища: у 2018 році з відзнакою закінчив Київський національний університет імені Тараса Шевченка за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали».

Протягом 2018-2022 років навчався в аспірантурі Інституту магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України де і виконував дисертаційну роботу. Під час навчання за високий рівень наукових досягнень у 2020 р. отримав премію Національної академії наук України для молодих вчених і студентів за найкращі наукові роботи, та також отримував стипендію імені президента України протягом 2020-2022 рр.

Науковий керівник – Товстолиткін Олександр Іванович, доктор фізико-математичних наук, професор.

Здобувач має 12 наукових публікацій за темою дисертації, із них 4 статті опубліковані у наукових фахових закордонних виданнях, 2 статті опубліковані у

наукових фахових виданнях України, а також 8 тез доповідей на наукових міжнародних конференціях.

Список публікацій додається:

1) **Заморський В.О.**, Солопан С.О., Білоус А.Г., Товстолиткін О.І. / Особливості дисперсії розмірних і магнітних параметрів у наночастинках феритів-шпінелей // *Металофізика та новітні технології*. – 2022. – Т. 44. №1 – С. 1-8. (Q3, Scopus)

2) Nakonechna O.I., Tangra Ankush Kumar, Singh Sarbjit, Bodnaruk A.V., **Zamorskyi V.O.**, Lotey Gurmeet Singh, Belyavina N.N., Sharay I.V., Tovstolytkin A.I. / Aging effects in NaFeO₂ nanoparticles: transformation of crystal structure and magnetic properties // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* – 2021. – V. 540. – A. 168452. (Q2, Scopus)

3) **Заморський В.О.**, Литвиненко Я.М., Погорілий А.М., Товстолиткін О.І., Солопан С.О., Білоус А.Г. / Магнітні властивості композитних наночастинок Fe₃O₄/CoFe₂O₄ з архітектурою ядро/оболонка // *Український фізичний журнал* – 2020. – Т. 65, № 10. – С. 898–904. (Q3, Scopus)

4) Tovstolytkin A.I., Kulyk M.M., Kalita V.M., Ryabchenko S.M., **Zamorskyi V.O.**, Fedorchuk O.P., Solopan S.O., Belous A.G. / Nickel-zinc spinel nanoferrites: Magnetic characterization and prospects of the use in self-controlled magnetic hyperthermia // *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* – 2019. – V. 473. – P. 422-427. (Q2, Scopus)

5) Solopan S.O., Nedelko N., Lewińska S., Ślawska-Waniewska A., **Zamorskyi V.O.**, Tovstolytkin A.I., Belous A.G. Core/shell architecture as an efficient tool to tune DC magnetic parameters and AC losses in spinel ferrite nanoparticles // *Journal of Alloys and Compounds* – 2019. – V. 788. – P. 1203-1210. (Q1, Scopus)

6) Polishchuk D., Nedelko N., Solopan S., Ślawska-Waniewska A., **Zamorskyi V.**, Tovstolytkin A. / Profound Interfacial Effects in CoFe₂O₄/Fe₃O₄ and

У науковій дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради:

Джежеря Юрій Іванович – д-р фіз.-мат. наук (01.04.07 – теорія твердого тіла), професор, заступник директора з наукової роботи ІМаг НАН України та МОН України. Оцінка позитивна без зауважень.

Верба Роман Володимирович – д-р фіз.-мат. наук (01.04.11 – магнетизм), завідувач відділу фізики мезо- та нанокристалічних магнітних структур ІМаг НАН України та МОН України. До роботи рецензентом були висунуті наступні зауваження та побажання:

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.

На всі зауваження та побажання здобувачем було надано ґрунтовні відповіді, які відповідно були схвалені рецензентом. Зауваження не вплинули на оцінку роботи. Враховуючи високий рівень наукових публікацій здобувача, актуальності та новизни даної роботи з володінням здобувачем відповідних знань загальна оцінка роботи позитивна.

Дереча Дмитро Олександрович – канд. фіз.-мат. наук (01.04.11 – магнетизм), завідувач лабораторії нанокристалічних структур ІМаг НАН України та МОН України. До роботи рецензентом були висунуті наступні зауваження та побажання:

1. В роботі розглядається нагрів магнітних наночастинок лише за одного фіксованого значення частоти змінного магнітного поля $f=300\text{кГц}$, варто було б окрім польових залежностей температури нагріву навести і частотні характеристики.
2. В тексті розділу 4 говориться про магнітні характеристики окремих наночастинок, проте з рис. 4.4 не є очевидним, що окремі наночастинки не сформовані в кластери. У цьому випадку варто було б більш детально розглянути характер взаємодії в такій системі.
3. На рис. 4.10 наведено розподіл наночастинок за розміром та їх магнітною поведінкою, проте відсутні позначення по осях координат та числові характеристики, що значно ускладнює визначення кількості

наночастинок, які поводять себе як суперпарамагнетики та кількість блокованих наночастинок.

4. Зважаючи на те, що робота переважно спрямована на біомедичні застосування, було б доцільно навести дані щодо біосумісності обраних матеріалів.
5. Посилання на рисунок (стор. 74) є некоректним: “в залежності від їх конкретного розміру (рис. 4.9)...”, хоча це рисунок 4.10.
6. В дисертації зустрічаються описки, некоректні терміни. Наприклад: - стор. 74, “гранична межа між двома популяціями визначається критичним об’ємом”, можливо мається на увазі “групами”; - стор. 40, “параметри кристалографічної решітки” замість “гратки”; - стор. 41, “сканувального електронного мікроскопа” далі по тексту “просвітлювального електронного мікроскопа”; - стор. 44, “значенням температури Кюрі”.

На всі зауваження та побажання здобувачем було надано ґрунтовні відповіді, які відповідно були схвалені рецензентом. Зауваження не вплинули на оцінку роботи. Враховуючи високий рівень наукових публікацій здобувача, актуальності та новизни даної роботи з володінням здобувачем відповідних знань загальна оцінка роботи позитивна.

Владимирський Ігор Анатолійович – д-р фіз.-мат. наук (01.04.07 – фізика твердого тіла), директор Навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона (ІМЗ) КПІ ім. Ігоря Сікорського. До роботи опонентом були висунуті наступні зауваження та побажання:

1. У підсумках до розділу 1 зазначено, що «Наночастинки феритів-шпінелей AFe_2O_4 (A – зазвичай це Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn) одними з перших знайшли використання у якості індукторів тепла.». Хоча в самому розділі 1 конкретні матеріали не обговорюються.

2. На початку підрозділу 3.1 наведено загальну інформацію щодо магнітних властивостей нікелевого і цинкового феритів у масивному стані та обґрунтовано ідею, що часткове заміщення нікелю цинком у фериті та синтез на основі такого матеріалу нанорозмірних частинок дозволить здійснювати контроль намагніченості та температури Кюрі порошку. Вважаю, що дану інформацію доцільніше було б викласти у першому розділі дисертації – літературному огляді. При цьому, не зрозуміло, чому підрозділи розділу 3 мають триступеневу нумерацію. На мою думку, доцільнішою була б нумерація підрозділів 3.1, 3.2, 3.3 замість 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3.
3. Таблиця 3.1 (стор. 47) містить числові значення коефіцієнта Брега та форм-фактору відповідності для нікель-цинкових феритів різної концентрації, однак обговорення даних параметрів в тексті дисертації відсутнє. Для наведених у цій та аналогічних таблицях значень параметра кристалічної ґратки та розміру частинок доцільно було б зазначити довірчі інтервали.
4. В підписі до рис. 3.5 (стор. 51) зазначено «Залежність намагніченості насичення від вмісту цинку для наночастинок $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$, отримана за температури 140 К. ... Вимірювання виконані за температури 5 К.», що дещо спантеличує.
5. На дифрактограмах, представлених на рис. 4.5, відсутнє індиціювання рефлексів. Більше того, в роботі не наведено інформації щодо зміни параметрів кристалічної будови композитних частинок зі структурою ядро/оболонка в залежності від матеріалу ядра та товщини оболонки, хоча неозброєним оком спостерігається зміна кутового положення дифракційних максимумів. Доцільно було б проаналізувати взаємозв'язок між параметрами кристалічної будови композитів та їхніми магнітними властивостями.

6. В підрозділі 4.1 показано, що апроксимація польових залежностей намагніченості шпінелей AFe_2O_4 ($A = Ni, Zn, Co$) функцією Ланжевена в монодисперсному наближенні забезпечує гірше узгодження з експериментальними результатами порівняно з апроксимацією функцією Ланжевена, зваженою на функцію розподілу за величиною магнітних моментів. Доцільно було б навести певні чисельні оцінки ефективності апроксимації цими функціями.
7. У підрозділі 4.3 показано, що зниження значення питомої втрати потужності композиту з ядром Fe_2O_3 і оболонкою $CoFe_2O_4$ товщиною 2,5 нм зумовлено тим, що максимального прикладеного поля недостатньо для подолання коерцитивної сили композиту. Доцільно було б провести аналогічні дослідження у більших полях з метою отримання додаткової інформації щодо залежності теплових втрат потужності від товщини оболонки.
8. В підрозділі 5.2 показано, що наночастинки $NaFeO_2$ у вихідному стані та після витримки за кімнатної температури упродовж 10000 годин характеризуються відмінними структурою та магнітними властивостями, що обумовлено вивільненням енергії в процесі зняття мікродеформації кристалічної ґратки. Однак, чи є отримана структура стабільною чи за подальшої витримки спостерігатиметься її наступна модифікація? Адже за даними структурного аналізу після витримки все ще спостерігається деформація кристалічної ґратки на рівні 0,41%. Доцільно було б провести термічну обробку даних порошків з метою активації процесу штучного старіння для отримання інформації щодо стабільності сформованої структури.
9. Зауваження щодо формулювання пунктів наукової новизни наведено на стор. 3 даного відгуку:

{В той самий час, не піддаючи сумніву наукову значимість та достовірність пунктів новизни, що представляється до захисту, варто

відзначити, що, на мою думку, інколи їх сформульовано не зовсім вдало. Наприклад, «...архітектура ядро/оболонка може слугувати ефективним інструментом для керування статичною та динамічною поведінкою магнітних наночастинок» – вважаю, що в даному контексті не коректно використовувати термін «архітектура». Чи може «архітектура» бути «інструментом»? «Статичною і динамічною поведінкою» – що мається на увазі під «поведінкою» і що відноситься до її статичного та динамічного варіантів? «Вперше показано, що наночастинки NaFeO_2 відразу після їх виготовлення» – який час підпадає під визначення «відразу після виготовлення»? Можливо, більш доречно було б використання терміну «у вихідному стані».

10. У тексті дисертації, як і в будь-якій іншій роботі, трапляються помилки, одруківки, неточності оформлення, інколи вживаються некоректні терміни. Приклади: - стор. 25, речення «Виявляється, що» обривається рисунком 1.3; - в роботі використовуються різні одиниці виміру температури – К, °С, °C (К); - стор. 40, речення «Параметри кристалографічної решітки однофазного продукту розраховували методом Рітвельда» – решітка є кристалічною, а що є «однофазним продуктом» незрозуміло; - на рис. 4.10 відсутнє посилання в тексті дисертації; - певні посилання у списку використаної літератури оформлені не за вимогами та містять зайві символи. Наприклад, [69] С. ANTONIAK and M. FARLE, “MAGNETISM AT THE NANOSCALE: THE CASE OF FePt ,” Mod. Phys. Lett. B, vol. 21, no. 18, pp. 1111–1131, 2007, doi: 10.1142/S0217984907013821.

На всі зауваження та побажання здобувачем було надано ґрунтовні відповіді, які відповідно були схвалені опонентом. Зауваження не вплинули на оцінку роботи. Враховуючи високий рівень наукових публікацій здобувача, актуальності та новизни даної роботи з володінням здобувачем відповідних знань загальна оцінка роботи позитивна.

Чорноус Анатолій Миколайович – д-р фіз.-мат. наук (01.04.07 фізика твердого тіла) проректор з наукової роботи Сумського державного університету. До роботи опонентом були висунуті наступні зауваження та побажання:

1. Із тексту дисертації не зрозуміло, яка природа зломів на петлях гістерезису (рис. 4.6 і рис. 5.7). Можливо, у першому випадку в композитних наночастинках відбувається пошарове перемагнічування? А, у другому випадку причина не зрозуміла.
2. З результатів досліджень методом просвічуючої електронічної мікроскопії, які наведені на рисунках 3.2 і 4.4, слідує, що наночастинки нікель-цинкового фериту та композитні наночастинки зі структурою ядро/оболонка здатні до агломерації (на відміну від фериту натрію (рис. 5.2)). З тексту дисертації не зрозуміло, яким чином здійснювалася деагломерація при виготовленні магнітних рідин.
3. Об'єкт дослідження вказаний не вірно, оскільки за означенням це процес або явище, а в дисертації вказано, що це магнітні наночастинки на основі оксидів заліза.
4. Доцільно було б на рисунку 4.5 вказати площини, від яких утворюються дифракційні максимуми. Взагалі, для кращого сприйняття читачем результатів фазового аналізу, потрібно приводити таблиці із розшифруванням дифрактограм.
5. На основі даних рентгенографії за шириною дифракційних максимумів можна визначити середній розмір областей когерентного розсіювання, а не середній розмір кристалітів, як стверджує автор.
6. Інформація, наведена у висновку 3 до розділу 3, не обговорювалась у тексті розділу.
7. Стиль оформлення формул у різних розділах відрізняється. Стиль оформлення рисунків також по тексту дисертації різний. Наприклад, на

рисунках 2.1, 3.2, 3.3, 5.3 шрифти занадто дрібні, а на рисунках 1.3, 3.1, 4.1, 4.14 – 4.17, 5.1, 5.11 – 5.13 – занадто великі.

8. У дисертації зустрічаються: некоректні вислови типу «коерцитивна сила прагне до нуля»; некоректні підписи до рисунків, зокрема «рентгенограма наночастинок...» замість «рентгенограма від наночастинок...»; використовуються позасистемні одиниці вимірювання: ангстреми (таб. 3.1 на стор. 47), °C (стор. 81, 98); дублювання формул (3.2) і (4.13) тощо.

На всі зауваження та побажання здобувачем було надано ґрунтовні відповіді, які відповідно були схвалені опонентом. Зауваження не вплинули на оцінку роботи. Враховуючи високий рівень наукових публікацій здобувача, актуальності та новизни даної роботи з володінням здобувачем відповідних знань загальна оцінка роботи позитивна.

Результати відкритого голосування:

- «За» – 5 членів ради;
«Проти» – немає;

**РАЗОВА СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВЧЕНА РАДА
ІНСТИТУТУ МАГНЕТИЗМУ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК
УКРАЇНИ ТА МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ УХВАЛИЛА:**

- 1) Дисертація Заморського Владіслава Олексійовича на тему **«Керування магнітними характеристиками та контроль гістерезисних втрат у феритових наночастинках та нанокompозитах»**, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – природничі науки, за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали, є завершеним самостійним науковим дослідженням і 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.
- 2) Присвоїти Заморському Владіславу Олексійовичу ступінь доктора філософії в галузі знань 10 – природничі науки, за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали.
- 3) Рішення разової спеціалізованої вченої ради затвердити і передати до Вченого секретаря Інституту магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України.
- 4) Вченому секретарю підготувати Наказ про видачу Заморському Владіславу Олексійовичу диплома доктора філософії та додатка до нього європейського зразка.

**Голова разової
спеціалізованої вченої ради
доктор фіз.-мат. наук, професор**



Юрій ДЖЕЖЕРЯ