Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U100804

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 09-10-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Заморський Владіслав Олексійович

2. Zamorskyi Vladyslav

Кваліфікація: 105

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 21-09-2023

Спеціальність за освітою: Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Інститут магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 23494128

Місцезнаходження: бульв. Академіка Вернадського, буд. 36-б, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 2

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 23494128

Місцезнаходження: бульв. Академіка Вернадського, буд. 36-б, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 23494128

Місцезнаходження: бульв. Академіка Вернадського, буд. 36-б, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19

Тема дисертації:

1. Керування магнітними характеристиками та контроль гістерезисних втрат у феритових наночастинках та нанокомпозитах

2. Control of magnetic characteristics and hysteresis losses in ferrite nanoparticles and nanocomposites

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню низки важливих завдань в області фізики магнетизму – з'ясуванню закономірностей зміни статичних та динамічних магнітних характеристик наночастинок феритів-шпінелей та композитів на їх основі в залежності від їх хімічного складу. За допомогою широкого арсеналу експериментальних методик, серед яких вібраційна магнітометрія, калориметричні вимірювання, електронна мікроскопія, рентгеноструктурний аналіз, проведено деталізоване дослідження реальних ансамблів магнітних наночастинок феритів-шпінелей (Ni,Zn)Fe2O4 і композитів CoFe2O4/Fe3O4 та Fe3O4/CoFe2O4 зі структурою ядро/оболонка, магнітних наночастинок NaFeO2, які у об'ємному стані є неколінеарним антиферомагнетиком. На основі аналізу отриманих експериментальних даних та проведеного чисельного моделювання зроблено важливі висновки, які вказують можливі методи

розроблення наноматеріалів з оптимізованими та керованими магнітними характеристиками, перспективних для різних технічних та медичних застосувань, таких як індуктори тепла для магнітної гіпертермії. У першому розділі дисертаційної роботи обговорюються загальні властивості магнітних наночастинок у контексті біомедичних застосувань. Обґрунтовуються необхідні вимоги для створення наноматеріалів з контрольованими та відтворюваними структурними, магнітними та тепловими характеристиками та методів впливу для отримання параметрів, що відповідають поставленим завданням. Особлива увага приділена наноматеріалам для використання у магнітній гіпертермії. На основі огляду робіт робляться висновки про вимоги до розміру таких наночастинок та їх відповідної дисперсії, про необхідність перебування феро(фери)магнітних наночастинок в однодоменному стані та про питання біосумісності магнітних наночастинок. У підсумку зроблено висновки про теперішній стан досліджень властивостей магнітних наночастинок для біомедичних застосувань, а також сформульовано мету роботи та наукові завдання, на розв'язання яких були спрямовані дослідження, що представлені у даній роботі. У другому розділі проведено детальний опис умов виготовлення та методів дослідження ансамблів наночастинок та нанокомпозитів, які вивчалися відповідно до поставлених завдань. У третьому розділі викладено результати систематичних досліджень магнітних і калориметричних властивостей ансамблів наночастинок нікель-цинкового фериту Ni1-xZnxFe2O4 в широкому діапазоні концентрацій $0 \le x \le 0,8$. Експериментально підтверджено, що за умов дії змінного магнітного поля ефективність нагріву магнітних наночастинок суттєво зменшується за наближення їх температури до точки Кюрі, що дозволяє розробити системи, які унеможливлюють перегрів цільової області нагрівання. Визначено діапазон концентрацій, в межах якого параметри магнітних наночастинок задовольняють вимогам, необхідним для їх застосування у самоконтрольованій гіпертермії.. У четвертому розділі запропоновано процедуру поглибленого аналізу магнітних параметрів наночастинок, а також викладено результати досліджень композитних наночастинок з архітектурою ядро/оболонка, які складаються з магнітно-твердих і магнітно-м'яких матеріалів. Результати, викладені в цьому розділі, надають підґрунтя для розуміння впливу архітектури ядро/оболонка на намагніченість та ефективну анізотропію композитних наночастинок CoFe2O4/Fe3O4 та Fe3O4/CoFe2O4, та наведені результати говорять про високу ефективність цього способу виготовлення магнітних наночастинок з метою керовавання магнітними параметрами для різних технологічних та біомедичних застосувань. У п'ятому розділі викладено результати магнітних і калориметричних досліджень ансамблю наночастинок NaFeO2. Зазначено, що об'ємні зразки NaFeO2 є неколінеарними антиферомагнетиками з нехтовно малою результуючою намагніченістю, однак при переході до наномасштабних розмірів ці матеріали демонструють відносно велику намагніченість, яка є порівнянною з намагніченістю феритів-шпінелей. З'ясовано механізми енергетичних втрат за умов дії змінного магнітного поля. Показано, що магнітні наночастинки NaFeO2 є перспективними для використання в медицині, зокрема в якості контрастних агентів у магнітній резонансній томографії або теплових індукторів у магнітній гіпертермії.

2. The dissertation is dedicated to solving a number of important tasks in the physics of magnetism - to find out the patterns of changes in the static and dynamic magnetic characteristics of ferrite-spinel nanoparticles and composites based on them, depending on their chemical composition. With the help of a wide arsenal of experimental methods, including vibrational magnetometry, calorimetric measurements, electron microscopy, X-ray structural analysis, a detailed study of real ensembles of magnetic nanoparticle ferrite-spinels (Ni,Zn)Fe2O4 and composites CoFe2O4/Fe3O4 and Fe3O4/CoFe2O4 with a core/shell structure, magnetic nanoparticles NaFeO2, which in the bulk state are non-collinear antiferromagnet. Based on the analysis of the obtained experimental data and the conducted numerical simulations, important conclusions were made that indicate possible methods of developing nanomaterials with optimized and controlled magnetic characteristics, promising for various technical and medical applications, such as heat inducers for magnetic hyperthermia. The first chapter of the thesis discusses the general properties of magnetic nanoparticles in the context of biomedical applications. The necessary requirements for the creation of nanomaterials with controlled and reproducible structural, magnetic, and thermal characteristics and exposure methods for obtaining parameters corresponding to the tasks are substantiated. Special attention is paid to nanomaterials for use in magnetic hyperthermia. Based on the review

of the works, conclusions are made about the requirements for the size of such nanoparticles and their respective dispersion, about the need for ferro(ferro)magnetic nanoparticles to be in a single-domain state, and about the issue of biocompatibility of magnetic nanoparticles. As a result, conclusions were drawn about the current state of research on the properties of magnetic nanoparticles for biomedical applications, and the purpose of the work and scientific tasks, which were aimed at solving the research presented in this work, were formulated. The second chapter provides a detailed description of the fabrication conditions and research methods of the nanoparticles ensembles and nanocomposites, which were studied in accordance with the assigned tasks. The third chapter presents the results of systematic studies of magnetic and calorimetric properties of the ensembles of Ni1-xZnxFe2O4 nickel-zinc ferrite nanoparticles over a wide range of concentrations 0 ≤x≤ 0.8. It has been experimentally confirmed that under the application of an alternating magnetic field, the heating efficiency of magnetic nanoparticles significantly decreases when their temperature approaches the Curie point, which allows the development of the systems that prevent overheating of the target heating area. The range of concentrations within which the parameters of magnetic nanoparticles meet the requirements necessary for their use in self-controlled magnetic hyperthermia has been determined. In the fourth chapter, a procedure for in-depth analysis of the magnetic parameters of nanoparticles is proposed, as well as the results of studies of composite nanoparticles with a core/shell architecture, which consist of magnetically hard and magnetically soft materials, are presented. The purpose of the work, the results of which are presented in this section, was to understand the influence of the core/shell architecture on the magnetization and effective anisotropy of composite nanoparticles CoFe2O4/Fe3O4 and Fe3O4/CoFe2O4; calculation, measurement and analysis of specific power losses under the action of an alternating magnetic field, as well as to find a method of the fabrication of magnetic nanoparticles with controlled magnetic parameters for various technological and biomedical applications. The fifth chapter presents the results of magnetic and calorimetric studies of an ensemble of NaFeO2 nanoparticles. It is noted that NaFeO2 bulk samples are non-collinear antiferromagnets with negligibly small resulting magnetization. However, when moving to nanoscale dimensions, these materials demonstrate a relatively high magnetization, which is comparable to the magnetization of ferritespinels. The mechanisms of energy losses under the conditions of action of a variable magnetic field have been clarified. It is shown that magnetic nanoparticles of NaFeO2 are promising for the use in medicine, in particular as contrast agents in magnetic resonance imaging or heat inductors in magnetic hyperthermia.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 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.
- 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.
- 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.
- 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 selfcontrolled magnetic hyperthermia // Journal of Magnetism and Magnetic Materials – 2019. – V. 473. – P. 422-427.
- 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.
- Polishchuk D., Nedelko N., Solopan S., Ślawska-Waniewska A., Zamorskyi V., Tovstolytkin A. / Profound Interfacial Effects in CoFe2O4/Fe3O4 and Fe3O4/CoFe2O4 Core/shell Nanoparticles // Nanoscale Research Letters. – 2018. – V. 13. – P. 67-77.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: розробка методів цілеспрямованої зміни магнітних характеристик наночастинок для технічних та біомеомедичних застосувань

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0121U109049, 0114U000092, 0119U100469, 0120U100457

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Товстолиткін Олександр Іванович

2. Oleksandr I. Tovstolytkin

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.11

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4852-6605

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 23494128

Місцезнаходження: бульв. Академіка Вернадського, буд. 36-б, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Владимирський Ігор Анатолійович

2. Vladymyrskyi Ihor A.

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чорноус Анатолій Миколайович

2. Anatolii Chornous

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5009-5445

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, буд. 116, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Верба Роман Володимирович

2. Verba Roman V.

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.04.11

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 23494128

Місцезнаходження: бульв. Академіка Вернадського, буд. 36-б, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дереча Дмитро Олександрович

2. Derecha Dmytro O.

Кваліфікація: к. ф.-м. н., с.д., 01.04.11

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму Національної академії наук України та Міністерства освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 23494128

Місцезнаходження: бульв. Академіка Вернадського, буд. 36-б, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Джежеря Юрій Іванович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Джежеря Юрій Іванович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Шарай Ірина Вікторівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна