Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001029

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 27-03-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ № 20-НОД від 05.05.2025

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Харлан Юлія Іванівна
2. Yuliia I. Harlan

Кваліфікація: 104

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-2186-1382

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 56412 Фізика

Дата захисту: 17-04-2025

Спеціальність за освітою: Фізика та астрономія

Місце роботи здобувача: Інститут магнетизму імені В. Г. Бар’яхтара Національної академії наук 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 7877

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму імені В. Г. Бар'яхтара Національної академії наук 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 імені В. Г. Бар'яхтара Національної академії наук 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: 29.19.37

Тема дисертації:

1. Вплив структури та конфігурації феромагнітних планарних наносистем на їхні магніторезонансні властивості

2. The influence of the structure and configuration of ferromagnetic planar nanostructures on their magnetodynamic properties

Реферат:

1. Основною метою роботи було визначення впливу конфігурації та структури феромагнітних наноелементів на їхні магнітні властивості та встановлення методів керування такими характеристиками, як частота феромагнітного резонансу, закон дисперсії спінових хвиль, ширина резонансної лінії та магнітна анізотропія. Зазначені структурі є елементною базою для створення нового покоління приладів електроніки, які будуть використовувати спінові хвилі для запису і зчитування інформації. Це дозволить на декілька порядків зменшити теплові втрати і значно підвищити швидкість запису інформації. Використовуючи класичні методи математичної фізики було побудовано теоретичні моделі для опису низки експериментальних ефектів, виявлених за допомогою метода феромагнітного резонансу. Дисертаційна

робота складається з п’яти розділів. У Вступі викладено аргументацію актуальності обраної теми, визначено основну мету та завдання дослідження, а також окреслено об’єкт і предмет вивчення. Крім того, представлено ключові наукові положення, що відображають новизну отриманих результатів, підкреслено особистий внесок здобувача у виконані роботи, які винесені на захист. Також надано інформацію про апробацію наукових результатів на конференціях та про зв’язок дисертаційного дослідження з науково-дослідними роботами. Перший розділ дисертації присвячений теорії феромагнітного резонансу та спінових хвиль. Наведено рівняння– основне рівняння (Ландау–Ліфшиця) магнітної динаміки, яке, зокрема, використовується для знаходження дисперсійного співвідношення для спінових хвиль. Розглянуто загальний вигляд густини енергії феромагнетика. Наведені приклади розв’язку рівняння Ландау–Ліфшиця для різноманітних магнітних систем. Другий розділ присвячено дослідженню впливу типу обмінної взаємодії на границях двійникових компонент в сплавах з ефектом пам’яті форми на їхні магнітні властивості. У підрозділі 2.1 теоретично пояснено експериментальні результати магнітного резонансу в епітаксіальних тонких плівках Ni46.0Mn36.8Sn11.4Co5.8/MgO(001), згідно до яких одна резонансна лінія, що спостерігається в аустеніті, розщеплюється на три лінії в мартенситній фазі. Показано, що додаткові резонансні лінії зумовлені слабким антиферомагнітним зв'язком феромагнітних двійникових компонентів через двійникові границі. Проведена аналогія між субмікронним двійникованим мартенситом і штучними антиферомагнітними надгратками. У підрозділі 2.2 пояснена поява гігантської магнітної анізотропії четвертого порядку у двійникованій епітаксіальній плівці NiMnGa. Показано, що вона обумовлена феромагнітним зв'язком між двійниковими варіантами, в яких осі магнітокристалічної анізотропії розташовані ортогонально, за умови, коли поле міждвійникового обміну порівнянне з полем анізотропії. У третьому розділі побудовано теоретичну модель феромагнітного резонансу в просторово неоднорідних епітаксіальних плівках з ефектом пам’яті форми, в яких відбувається фероеластичний фазовий перехід. Запропонована теоретична модель базується на теорії мартенситного перетворення Ландау та статистичній моделі. У підрозділі 3.1 показано, що аномально сильна температурна залежність параметрів кристалічної ґратки мартенситної плівки привносить суттєвий внесок у температурну залежність резонансного магнітного поля. Прояснено звуження резонансного піку при охолодженні плівки нижче температури Кюрі. У підрозділі 3.2 показано, що просторова неоднорідність матеріалу призводить до дисперсії локальних температур мартенситного перетворення, що спричиняє варіацію локальних значень магнітної анізотропії і пояснити різке розширення лінії феромагнітного резонансу нижче температури мартенситного перетворення. В четвертому розділі розглянуто вплив конфігурації намагніченості та розмагнічуючого поля на спектр стоячих спінових хвиль в магнітних наноелементах. У підрозділі 4.1 експериментально і теоретично досліджено стоячі спінові хвилі в масиві нікелевих трикутних наноелементів. Розроблений теоретичний підхід дозволяє описувати стоячі спін-хвильові моди як у перпендикулярно намагнічених правильних призмах, так і в близьких до них зрізаних пірамідах. У підрозділі 4.2 теоретично пояснюється експериментальне спостереження нетрадиційного одночастотного резонансного відгуку плоских циліндричних пермалоєвих дисків, якщо магнітне поле прикладане під певним критичним кутом відносно нормалі до диска. Це явище пояснюється злиттям спін-хвильових власних мод при переході спін-хвильової дисперсії від типу "прямі об’ємні хвилі" до типу "зворотні об'ємні хвилі" і може бути корисним для створення систем зі спектрально вузьким магнітним шумом.

2. The main goal of the work was to determine the influence of the configuration and structure of ferromagnetic nanoelement on their magnetic properties and to establish methods for controlling such characteristics as the ferromagnetic resonance frequency, the law of spin wave dispersion, the resonance line width and magnetic anisotropy. These structures are the elemental basis for creating a new generation of electronics devices that will use spin waves to record and read information. This will reduce heat losses by several orders of magnitude and significantly increase the speed of data recording. Using the classical methods of mathematical physics, theoretical models were constructed to describe a number of experimental effects detected by the ferromagnetic resonance method. The thesis consists of five chapters. The Introduction presents the arguments for the relevance of the chosen topic, defines the main goal and objectives of the study, and outlines the object and subject of the study. In

addition, the key scientific provisions reflecting the novelty of the results obtained are presented, and the personal contribution of the applicant to the work submitted for defence is emphasised. Information is also provided on the approbation of scientific results at conferences and on the connection of the dissertation research with research works. The first chapter of the thesis is devoted to the theory of ferromagnetic resonance and spin waves. The basic equation (Landau-Lifshitz) of magnetic dynamics is given, which is used, in particular, to find the dispersion relation for spin waves. The general form of the energy density of a ferromagnet is considered. Examples of the solution of the Landau-Lifshitz equation for various magnetic systems are given. The second chapter is devoted to the study of the influence of the type of exchange interaction at the boundaries of twin components in alloys with the shape memory effect on their magnetic properties. In subsection 2.1, the experimental results of magnetic resonance in epitaxial Ni46.0Mn36.8Sn11.4Co5.8/MgO(001) thin films are theoretically explained, according to which one resonance line observed in austenite splits into three lines in the martensitic phase. It is shown that the additional resonance lines are due to the weak antiferromagnetic coupling of ferromagnetic twin components across the twin boundaries. An analogy is drawn between submicron twin martensite and artificial antiferromagnetic superlattices. In subsection 2.2, the appearance of a giant magnetic anisotropy of the fourth order in a twinned NiMnGa epitaxial film is explained. It is shown that it is due to ferromagnetic coupling between twin variants in which the magnetocrystalline anisotropy axes are orthogonal, provided that the inter-twin exchange field is comparable to the anisotropy field. In the third section, a theoretical model of ferromagnetic resonance in spatially inhomogeneous epitaxial films with the shape memory effect, in which a ferroelastic phase transition occurs, is constructed. The proposed theoretical model is based on the Landau martensitic transformation theory and a statistical model. Subsection 3.1 shows that the anomalously strong temperature dependence of the lattice parameters of the martensitic film makes a significant contribution to the temperature dependence of the resonant magnetic field. The narrowing of the resonant peak when the film is cooled below the Curie temperature is explained. In subsection 3.2, it is shown that the spatial inhomogeneity of the material leads to a dispersion of local martensitic transformation temperatures, which causes a variation in local magnetic anisotropy values and explains the sharp broadening of the ferromagnetic resonance line below the martensitic transformation temperature. Chapter 4 discusses the effect of the magnetisation configuration and demagnetising field on the spectrum of standing spin waves in magnetic nanocells. In Subsection 4.1, we experimentally and theoretically investigate standing spin waves in an array of nickel triangular nanocells. The developed theoretical approach allows us to describe standing spin-wave modes both in perpendicularly magnetised regular prisms and in close to them truncated pyramids. In subsection 4.2, we theoretically explain the experimental observation of an unconventional single-frequency resonant response of flat cylindrical permalloy discs if the magnetic field is applied at a certain critical angle relative to the normal to the disc. This phenomenon is explained by the merging of spin-wave eigenmodes during the transition of the spin-wave dispersion from the ‘forward bulk waves’ to the ‘backward bulk waves’ type and can be useful for creating systems with spectrally narrow magnetic noise.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0121U111807, 0122U001885

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: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 1. Bondarenko P. V., Kharlan J., Bunyaev S.A., Salyuk O., Aseguinolaza I.R., Barandiaran J. M., Kakazei G. N., Chernenko V., Golub V. O., Giant four-fold magnetic anisotropy in nanotwinned NiMnGa epitaxial films. APL Materials 11 (12), 121114 (2023).

- 2. L'vov V. A., Kharlan J., Golub V. O., Nonrelaxational FMR peak broadening in spatially inhomogeneous films. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 580, 170906 (2023).
- 3. Kharlan J., Borynskyi V., Bunyaev S. A., Bondarenko P., Salyuk O., Golub, V., Serga, A. A., Dobrovolskiy, O. V., Chumak, A., Verba, R., & Kakazei, G. N. (2022). Merging of spin-wave modes in obliquely magnetized circular nanodots. Physical Review B, 105(1), 014407.
- 4. Kharlan J., L'vov V.A., Golub V.O. (2020). Ferromagnetic resonance in nanotwinned Ni–Mn–Ga film undergoing martensitic transformation. Low Temperature Physics, 46 (6), 615-621.
- 5. Kharlan J., Bondarenko P., Krawczyk M., Salyuk O., Tartakovskaya E., Trzaskowska A., Golub V., Standing spin waves in perpendicularly magnetized triangular dots. Physical Review B, 100(18), 184416 (2019).
- 6. Golub V.O., Lvov V.A., Aseguinolaza I., Salyuk O., Popadiuk D., Kharlan Y., Kakazei G.N., Araujo J.P., Barandiaran J.M., Chernenko V.A., Antiferromagnetic coupling between martensitic twin variants observed by magnetic resonance in Ni-Mn-Sn-Co films. Phys. Rev. B. 95, 024422, (2017).

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

Соціально-економічна спрямованість: теоретичні основи створення елементної бази пристроїв спінтроніки та магноніки.

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0121U111807, 0122U001885

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Голуб Володимир Олегович

2. Volodymyr O. Holub

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-7550-3978

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму імені В. Г. Бар'яхтара Національної академії наук 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. Шека Денис Дмитрович

2. Denys D. Sheka

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.02

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-7311-0639

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Татаренко Валентин Андрійович

2. Valentyn A. Tatarenko

Кваліфікація: д.ф.-м.н., член-кор., 01.04.07

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-3182-8287

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417331

Місцезнаходження: бульвар Академіка Вернадського, буд. 36, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Герасимчук Ігор Вікторович

2. Igor V. Gerasimchuk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., ст.н.с., 01.04.02

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-2208-7050

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму імені В. Г. Бар’яхтара Національної академії наук 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. Поліщук Дмитро Михайлович
2. Dmytro M. Polishchuk

Кваліфікація: к. ф.-м. н., 01.04.11

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-5028-8928

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут магнетизму імені В. Г. Бар'яхтара Національної академії наук 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	Лось Віктор Федорович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Лось Віктор Федорович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Шарай Ірина Вікторівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна