Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0821U100154

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-02-2021

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бусел Оксана Петрівна

2. Busel Oksana

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 25-01-2021

Спеціальність за освітою: Фізика

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.015

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 29.19

Тема дисертації:

1. Спінові хвилі в наномасштабних елементах зі структурованими інтерфейсами в феромагнетиках та антиферомагнетиках

2. Spin waves in nanoscale elements with structured interfaces in ferromagnets and antiferromagnets

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена дослідженню особливостей та характеру розповсюдження спінових хвиль в упорядкованих наномасштабних елементах зі структурованими інтерфейсами як в феромагнетиках (ФМ), так і в антиферомагнетиках (АФМ), та спрямована на отримання нових знань в актуальному напрямку сучасних досліджень. Для дослідження було обрано ФМ та АФМ тонкі плівки з упорядкованими наномасштабними елементами (антидоти), зокрема їх композиції – мультишари, з відповідними структурованими інтерфейсами, які розглядаються як композитні матеріали як нескінченно тонкі, так і скінченної товщини. Спінові хвилі відкривають перспективу беззарядних пристроїв, які можуть бути конкурентоспроможними для поточних пристроїв. Основними перевагами використання магнітних матеріалів в електронних та телекомунікаційних пристроях є їх керованість зовнішнім магнітним полем,

енергонезалежність та програмовуваність. Штучне структурування нанорозмірних структур дає чудову можливість для модифікації їх спектрів збудження, а отже для проектування матеріалів із непередбачуваними властивостями, які потенційно можуть задовольнити постійну потребу в більш швидкому маніпулюванні більшим об'ємом інформації, більшими ємностями зберігання зі скороченням часу запису та читання, а також постійний попит на мініатюризацію та енергетичну ефективність, оскільки передача, зберігання та маніпулювання інформацією є важливою частиною високих технологій. Основна частина дисертаційної роботи складається з п'яти розділів. Перший розділ присвячено докладному аналізу розповсюдження спінових хвиль в ФМ та АФМ та дослідженню, що пов'язане з граничними умовами на різноманітних структурованих інтерфейсах. У другому розділі дисертаційної роботи розроблено метод ефективного керування спіновими хвилями, які когерентно розповсюджуються, в межах магнітних наноструктур (хвилеводів). Метод засновано на аномальному заломленні в тонкому ФМ прошарку у вигляді пластини з градуйованим індексом (ГРІН), вздовж якого поступова зміна магнітних параметрів матеріалу дозволяє загинати фронт переданих спінових хвиль і контролювати заломлення. На основі аналітичних розрахунків фазового зсуву, набутого спіновою хвилею внаслідок зміни магнітних параметрів матеріалу у обмеженій області, показано, що рефракцію спінової хвилі можна змінити на заданий кут. Це явище вимагає лінійної зміни фази переданих хвиль поряд із інтерфейсом, де відбувається заломлення. Його опис вимагає узагальнення закону Снеліуса, що використовується для наведення спінових хвиль у хвилеводах вперше. Для цього було побудовано аналітичну модель розсіювання обмінних спінових хвиль на однорідній ФМ пластині кінцевої ширини – ГРІН пластині, вбудованій у ФМ шар – хвилевід. Мінімізуючи загальну енергію, виведено граничні умови на інтерфейсах між ГРІН пластиною та її оточенням з обох боків та досліджено повну залежність між зсувами фаз та амплітудами спінових хвиль, що падають та проходять. У третьому розділі сформульовано граничні умови між ФМ та двохпідґратковим АФМ в задачах динаміки намагніченості у наближенні неперервного середовища у випадку нескінченно тонкого інтерфейсу, та інтерфейсу скінченної товщини. З урахуванням однорідного та неоднорідного обмінів, досліджено розповсюдження поверхневої згасаючої спінової хвилі в АФМ, коли спінова хвиля з ФМ падає на інтерфейс ФМ/АФМ. У четвертому розділі представлено нову концепцію, яка робить важливий крок на шляху вирішення критичної проблеми управління розповсюдженням спінових хвиль через інтерфейси тонкої АФМ плівки з іншими магнітними середовищами шляхом введення нової фізичної характеристики для інтерфейсів скінченної товщини – ступеня нескомпенсованості підґраток АФМ (СНПА). Значення СНПА можна змінити, спроектувавши інтерфейси з діагональною та криволінійною геометрією. Представлено теорію, яка описує поширення спінових хвиль через будь-який АФМ/ФМ інтерфейс з урахуванням змінної СНПА та виведено узагальнені граничні умови. Продемонстровано, що проходження спінових хвиль від АФМ до ФМ стає можливим лише за конкретної конструкції інтерфейсу. У п'ятому розділі побудовано аналітичну модель ФМ резонансу у тонкій ФМ плівці Ру з круговим антидотом. Лінеаризоване рівняння Ландау-Ліфшиця було розв'язано як власну задачу у прямому просторі для створення аналітичної моделі малих відхилень від значень рівноваги магнітного моменту та магнітного поля. Було встановлено, що основною причиною виникнення неоднорідних коливань є магнітостатичне поле, спричинене наявністю антидоту. Модель показала, що існує максимум амплітуди поля розмагнічування, локалізованого біля краю антидота, і амплітуда зменшується зі збільшенням відстані від краю. Також були визначені умови локальних ФМ резонансів, які відрізняються на різній відстані від краю антидоту через неоднорідність магнітостатичного поля.

2. The dissertation is devoted to the research of features and character of spin wave (SW) propagation in ordered nanoscale elements with structured interfaces in both ferromagnets (FM) and antiferromagnets (AFM) and is aimed at gaining new knowledge in the prospective direction of modern research. FM and AFM thin films with ordered nanoscale elements (antidots), in particular their multilayer compositions, with appropriately structured interfaces, which are considered as composite materials of both infinitely thin and finite thickness, were selected for the study. SWs open the prospect of non-volatile devices that can be competitive with modern devices. The main advantages of using magnetic materials in electronic and telecommunication devices are their controllability by an external magnetic field, energy independence, and programmability. Artificial structuring of nanoscale

patterns provides an excellent opportunity to modify their excitation spectra, and therefore to design materials with unpredictable properties that can potentially meet the constant need for faster manipulation of larger amounts of information, larger storage capacities with reduced write and read time, and the constant demand for miniaturization and energy efficiency, since the transmission, storage and manipulation of information is an important part of high technology. The main part of the dissertation consists of five sections. The first section is devoted to a detailed analysis of the propagation of SWs in FM and AFM and the study of boundary conditions at various structured interfaces. In the second section of the dissertation, the method is developed for an effective guiding of SWs, which coherently propagate, within magnetic nanostructures (waveguides). The method is based on anomalous refraction in a thin FM layer in the form of a slab with a graded index (GRIN), along which a gradual change in the magnetic parameters of the material allows to tilt the front of transmitted SWs and control the bending. Based on analytical calculations of the phase shift acquired by the SW due to changes in the magnetic parameters of the material in a limited region, it is shown that the refraction of the SW can be changed for desired angle. This phenomenon requires a linear change in the phase of the transmitted waves near the interface where the refraction occurs. Its description requires a generalization of Snell's law, which is used to guide SWs in waveguides for the first time. For this purpose, an analytical model was developed for the exchange SW scattering on a homogeneous FM slab of finite width – GRIN slab embedded in FM layer – waveguide. Minimizing the total energy, the boundary conditions at the interfaces between the GRIN slab and its surrounding on both sides are derived, and the complete dependence between the phase shifts and the amplitudes of the incident and transmitted SWs is investigated. In the third section, the boundary conditions between FM and two-sublattice AFM for the magnetization dynamics problems in the continuous medium approximation for both the finite thickness interface and the infinitely thin interface are derived. Taking into account the homogeneous and inhomogeneous exchange, the propagation of a surface evanescent SW into the AFM is investigated in a case when this SW falls onto the interface from the FM. The fourth section presents a new concept that makes an essential step towards solving a critical problem of controlling SWs propagation through interfaces of AFM thin film with other magnetic media by introducing a new physical characteristic of the interfaces of finite thickness – a degree of sublattice noncompensation of AFM (DSNA). The DSNA value can be changed by designing interfaces with diagonal-like and curvilinear geometry. A theory that describes SWs propagation through any designed AFM/FM interface considering a variable DSNA is presented and the generalized boundary conditions are proposed. It is demonstrated that SWs transmission from AFM to FM is made possible with a specific design of the interface. In the fifth section, an analytical model of FM resonance in a Py FM thin film with a circular antidot is constructed. The linearized Landau-Lifshitz equation was solved as an eigenproblem in the direct space to create an analytical model of small deviations from the equilibrium values of magnetic moment and magnetic field. It was found that the main cause of inhomogeneous oscillations is the magnetostatic field caused by the presence of the antidot. The model showed that there is a maximum of the amplitude of the demagnetization field localized near the edge of the antidot, and the amplitude decreases with increasing distance from the edge. The conditions of local FM resonances, which vary at different distances from the edge of the antidot due to the heterogeneity of the magnetostatic field, were also determined.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Горобець Оксана Юріївна

2. Gorobets Oksana

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Криворучко Володимир Миколайович

2. Krivoruchko Volodymyr

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Джежеря Юрій Іванович

2. Dzhezheria Yurii

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Калита Віктор Михайлович

2. Kalita Viktor

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Куліш Володимир Вікторович

2. Kulish Volodymyr

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.11

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради Герасимчук Віктор Семенович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні Герасимчук Віктор Семенович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності Юрченко Т.А.