Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003107

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 16-09-2024

Статус: Відмінена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Полинчук Павло Юрійович
2. Pavlo Y. Polynchuk

Кваліфікація: 104

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8786-0465

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: 24-10-2024

Спеціальність за освітою: Фізика та астрономія

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): ДФ 26.248.04

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: 29.41.03

Тема дисертації:

1. Безрелаксаційне перемикання комірок магнітної пам’яті на основі багатошарових наносистем з антиферомагнітним зв’язком

2. Relaxation-free switching of magnetic memory cells based on multilayer nanosystems with antiferromagnetic coupling

Реферат:

1. У дисертаційній роботі досліджена динаміка намагніченості елементів магнітної пам’яті у двох важливих для практичної реалізації випадках: 1) під дією магнітного поля; 2) із застосуванням комбінованого впливу імпульсів магнітного поля та спін-поляризованого струму. З’ясовано умови перемагнічування синтетичного антиферомагнетика (САФ) або комірки пам’яті під дією цих зовнішніх збурень. Запропоновано такі принципи керування, що забезпечують перемагнічування вільного шару комірки пам’яті під впливом імпульсів магнітного поля та спін-поляризованого струму. Отримані результати є важливими для технологічних застосувань в пристроях магнітної пам’яті з довільним доступом (MRAM). У вступі до оригінальної частини дисертації обґрунтовано актуальність її теми. Сформульовано мету, визначено об’єкт та предмет

дослідження. Обґрунтовано новизну отриманих результатів. Надається інформація щодо апробації результатів досліджень на наукових конференціях. У першому розділі дисертаційної роботи проведено аналіз сучасного стану проблеми перемагнічування синтетичного антиферомагнетика з метою запису інформації. Розглянуто фізичні основи методів, які застосовуються для перемикання магнітних станів комірки пам'яті в застосуваннях MRAM. У другому розділі дисертаційної роботи визначено умови реалізації швидкого перемикання напрямку намагніченості комірки пам'яті під дією імпульсу магнітного поля, прикладеного перпендикулярно до площини вільного шару САФ. Зроблено оцінки амплітуди та тривалості імпульсів лазерного випромінювання необхідних для керування станами намагніченості САФ. Показано, що в разі реалізації швидкісного режиму перемагнічування комірки пам'яті, індукована лазером пульсація магнітного поля може бути покладена в основу сучасного методу запису інформації на носії типу САФ. Крім того, у другому розділі дисертаційної роботи досліджено зміну магнітного стану синтетичного антиферомагнетика під впливом спін-поляризованого струму. Визначено вплив початкового кута, між "поляризатором" спін-поляризованого струму та намагніченістю САФ на амплітуду та тривалість струмового імпульсу, необхідних для перемагнічування елементів пам'яті. У третьому розділі дисертаційної роботи теоретично досліджено процес керування намагніченістю комірки пам'яті під впливом комбінованої дії локальних зовнішніх магнітних полів, які створюються шляхом пропускання наперед запрограмованих електричних струмів через керуючі електричні провідники в стандартній компоновці. Показано, що за рахунок оптимізації форми та тривалості струмових імпульсів I(t) (t – час) досягається швидкісний безрелаксаційний режим перемикання магнітного стану комірки пам'яті. Визначено оптимальні параметри польових (струмових) імпульсів для досягнення швидкого безрелаксаційного режиму перемагнічування комірки пам'яті. У четвертому розділі дисертаційної роботи теоретично досліджено практично важливу для спінтроніки задачу – проблему керування магнітними станами комірки пам'яті MRAM під впливом комбінованої дії локальних зовнішніх магнітних полів і спін-поляризованих струмів. Досліджено перемагнічування комірки пам'яті, що складається з трьох наношарів, розділених двома тунельними магнітними переходами, під впливом комбінованої дії спін-поляризованого струму та імпульсів магнітного поля. З'ясовано динаміку намагніченості "рухомого" феромагнітного шару. Аналітично обчислено оптимальні амплітуди та часи тривання імпульсу спін-поляризованого струму та індукованого ним магнітного поля, необхідні для досягнення стійкого, швидкого, безрелаксаційного перемагнічування комірки пам'яті.

2. The dynamics of magnetization of magnetic memory elements in two cases important for practical implementation is studied in this thesis: 1) under the influence of a magnetic field; 2) with the combined effect of magnetic field pulses and pulses of spin-polarized current. The conditions for magnetization reversal of the synthetic antiferromagnet (SAF) or a memory cell under the influence of these external perturbations are determined. The following control principles are proposed to ensure the magnetization of the free layer of the memory cell under the influence of magnetic field pulses and spin-polarized current. The results obtained are important for technological applications in random access magnetic memory (MRAM) devices. In the introduction to the original part of the dissertation, the relevance of its topic is proved. The purpose is formulated, the object and subject of the study are defined. The novelty of the results is substantiated. Information on the testing of research results at scientific conferences is provided. The first chapter of the thesis analyses the current state of the problem of remagnetization of synthetic antiferromagnets for the purpose of recording information. The physical basis of the methods used to switch the magnetic states of a memory cell in MRAM applications is described. In the second chapter of the thesis, the conditions for the implementation of rapid switching of the magnetization direction of the memory cell under the action of a magnetic field pulse applied perpendicularly to the plane of the free layer of the SAF are defined. The amplitude and duration of laser radiation pulses required to control the magnetization states of the SAF are estimated. It is shown that in the case of implementation of the high-speed mode of SAF magnetization reversal, the laser-induced magnetic field pulsation can be the basis of a modern method of recording information on SAF-type media. In addition, the second chapter of the thesis investigates the change in the magnetic state of a synthetic antiferromagnet under the influence of a spin-

polarized current. The influence of the initial angle between the spin-polarized current “polarizer” and the magnetization of the SAF on the amplitude and duration of the current pulse required to remagnetize the memory elements is determined. The third chapter of the thesis theoretically investigates the process of controlling the magnetization of a memory cell under the combined effect of local external magnetic fields, which are created by passing pre-programmed electric currents through control electric in a standart layout. It is shown that by optimizing the shape and duration of current pulses I(t) (t – time), a high-speed relaxation-free mode of switching the magnetic state of the memory cell is achieved. The optimal parameters of field (current) pulses for achieving a fast relaxation-free mode of memory cell magnetization are determined. In the fourth chapter of the thesis, we have theoretically studied a practically important task for spintronics – the problem of controlling the magnetization states of a magnetic memory cell by means of the combined action of local external magnetic fields and spin-polarized currents. The magnetization of a memory cell consisting of three nanolayers separated by two tunnel magnetic junctions under the combined action of a spin-polarized current and magnetic field pulses is investigated. The dynamics of magnetization of the free ferromagnetic layer is studied. The optimum amplitudes and durations of the spin-polarized current pulse and the magnetic field induced by it are analytically calculated to achieve stable, fast, relaxation-free remagnetization of the memory cell.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0121U110107, 0122U002260, 0124U002047.

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. Yu. I. Dzhezherya, P. Yu. Polynchuk, I. V. Gerasimchuk, S. P. Kruchinin, V. M. Kalita and V. Korenivski, Control of the Memory Cell Magnetization by a Combined Pulse of Local Magnetic Fields, Modern Physics Letters B, V. 38, 2440001 (2024).
- 2. Y. Dzhezherya, P. Polynchuk, A. Kravets and V. Korenivski, Ultrafast inertia-free switching of double magnetic tunnel junctions, IEEE Transactions on Magnetics, V. 60, 4400106 (2024). https://doi.org/10.1109/TMAG.2024.3380467.
- 3. Yu. Dzhezherya, V. Kalita, P. Polynchuk, A. Kravets, V. Korenivski, S. Kruchinin, S. Bellucci, Fast barrier-free switching in synthetic antiferromagnets, препринт http://arxiv.org/abs/2110.02138.

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

Соціально-економічна спрямованість: використання в пристроях магнітної пам’яті з довільним доступом.

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0121U110107, 0122U002260, 0124U002047.

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Джежеря Юрій Іванович

2. Yuriy I. Dzhezherya

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1560-9567

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. Лютий Тарас Володимирович
2. Taras V. Lyutyy

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.11

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8651-0463

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Русаков Володимир Федорович
2. Volodymyr F. Rusakov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1777-1357

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:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Голуб Володимир Олегович
2. Volodymyr O. Golub

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7550-3978

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. Львов Віктор Анатолійович
2. Viktor A. L'vov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6874-0468

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	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