

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000411

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 16-01-2024

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Петренко Руслан Миколайович

2. Ruslan Petrenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0427-2540

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: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 16-01-2024

Спеціальність за освітою: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Організація відсутня

Код за ЄДРПОУ: 00000000

Місцезнаходження: -----, Київ, 00000, Україна

Форма власності: Змішана

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): 3256

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Римського-Корсакова, буд. 2, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Римського-Корсакова, буд. 2, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 81.09.03, 29.41.01

Тема дисертації:

1. Електрофізичні і магніторезистивні властивості шаруватих структур на основі металевих наночастинок та діелектричних матеріалів
2. Electrophysical and magnetoresistive properties of discontinuous multilayer structures based on metal nanoparticles and insulator matrix

Реферат:

1. Сучасний етап розвитку технології приладів спінтроніки та сенсорної техніки стимулює дослідників до пошуку нових рішень для проведення подальшої інтеграції, реалізації низького енергоспоживання та багатофункціональності. Це можна здійснити як за рахунок розробки нових матеріалів, так і шляхом використання концептуально нових підходів при розробці пристроїв. При цьому значний прикладний потенціал (в першу чергу з точки зору зберігання інформації) мають структури, що одночасно поєднують у собі магнітоопір, характерний для магнітних гетероструктур та резистивного перемикавання, що реалізується у різних типах напівпровідних або діелектричних матеріалах. Для реалізації таких структур на перший план виходить вибір методики їх формування, оскільки саме методика може стати ключовим фактором, який буде визначати особливості структури нанорозмірних композитних матеріалів та впливати на їх фізичні властивості. Для оптимізації ж електричних і магнітних параметрів слід враховувати дані про

концентраційні, розмірні та температурні ефекти в фізичних властивостях даних структур і застосовувати комплексний підхід при їх вивченні. У випадку магніто-неоднорідних феромагнітних плівок, їх магніторезистивні властивості можуть значно різнитися через реалізацію різних механізмів магнітоопору. Дослідники встановили, що для таких структур характерним є явище тунельної спін-поляризованої провідності, яке призводить до тунельного магнітоопору. Проте на сьогоднішній день механізми, які призводять до цього ефекту, не повністю з'ясовані, і ймовірність виникнення цього явища значно залежить від співвідношення об'ємних часток компонентів, що утворюють композит. Додатково, важливим є вивчення електрофізичних властивостей композитних матеріалів, де феромагнітний метал поєднується з діелектриком, і ці властивості суттєво відрізняються від характеристик масивних металевих зразків та однорідних плівок. Наприклад, спостерігається значне збільшення питомого електроопору в композитних матеріалах у порівнянні з однорідними плівками, а термічний коефіцієнт опору може бути від'ємним. Це свідчить про те, що електроопір відображає активований механізм електропровідності і виявляє експоненціальну залежність від температури. Крім того застосування методу пошарової конденсації при формуванні композитних матеріалів (за умови підбору компонент, для яких характерним є практично відсутнє перемішування) може дозволити оптимізувати розміри феромагнітних гранул, товщини діелектричних прошарків і отримати структури з мінімальною кількістю окремих атомів магнітних металів, занурених в діелектричну матрицю та мінімальними вкрапленнями діелектрика у металеві гранули, що гіпотетично може спричинити посилення ролі спін-залежного тунелювання електронів. Мета дисертаційної роботи полягала у встановленні загальних закономірностей впливу товщини феромагнітних і діелектричних шарів та умов термообробки шаруватих структур, сформованих на основі Fe та SiO_x, на їх структурно-фазовий стан, електропровідність, магніторезистивні та магнітні властивості. Об'єкт дослідження – розмірні та температурні ефекти в електропровідності і магніторезистивних властивостях шаруватих структур. Предмет дослідження – фазовий стан, кристалічна структура, електрофізичні (електропровідність та ТКО) та магніторезистивні властивості шаруватих структур, сформованих на основі Fe та SiO_x методами пошарової конденсації. Методи дослідження. Шаруваті структури формувалися методом пошарової конденсації у вакуумі. Для дослідження структури та фазового складу були застосовані такі методи: електроннографія, просвічуюча електронна мікроскопія та енергодисперсійний рентгенівський мікроаналіз. Електропровідність та магніторезистивні властивості високоточної резистометрії із використанням автоматизованих систем керування експериментом та SQUID-магнітометрії за кімнатної температури та при охолодженні до 10 К. Отримані в роботі експериментальні результати мають свою цінність як із фундаментальної, так і прикладної точки зору. У першому випадку мова йде про одержання великої кількості експериментальних результатів стосовно електро- і магніторезистивних властивостей для функціональних елементів сенсорів на основі композиційних матеріалів, що мають шарувату структуру, у залежності від ефективної товщини магнітних і немагнітних шарів. Результати досліджень можуть стати методологічною основою для використання даного типу матеріалів як одного з функціональних шарів елементної бази наноелектроніки чи спінтроніки, а також безпосередньо для створення надчутливих елементів сенсорів магнітного поля зі стабільним в часі робочими характеристиками.

2. The current state of the art in spintronic devices and sensors is stimulating researchers to find new solutions for further integration, low power and multi-functionality. This can be achieved both through the development of new materials and through the use of conceptually new approaches to device design. At the same time, structures that simultaneously combine magnetoresistance, characteristic of magnetic heterostructures, and resistive switching, implemented in different types of semiconductor or dielectric materials, have significant potential for applications (mainly from the point of view of information storage). For the realisation of such structures, the choice of the method of their formation comes to the fore, since the method itself can become a key factor determining the structural features of nanoscale composite materials and influencing their physical properties. In order to optimise the electrical and magnetic parameters, data on the effects of concentration, size and temperature on the physical properties of these structures should be considered and a comprehensive approach should be taken to their study. In the case of magnetically inhomogeneous ferromagnetic films, their magnetoresistive properties can vary

significantly due to the implementation of different magnetoresistance mechanisms. The researchers found that such structures are characterised by the phenomenon of tunnel spin-polarised conduction, which leads to tunnel magnetoresistance. However, the mechanisms leading to this effect are not fully understood, and the likelihood of this phenomenon depends significantly on the ratio of the volume fractions of the components that make up the composite. In addition, it is important to study the electrophysical properties of composites where a ferromagnetic metal is combined with a dielectric, and these properties differ significantly from those of solid metal samples and homogeneous films. For example, there is a significant increase in the specific electrical resistance in composite materials compared to homogeneous films, and the thermal coefficient of resistance can be negative. This indicates that the electrical resistance reflects the activated mechanism of electrical conductivity and has an exponential dependence on temperature. In addition, the application of the method of layer-by-layer condensation in the formation of composite materials (provided that the choice of components is characterised by practically no mixing) can make it possible to optimise the sizes of ferromagnetic grains, the thickness of dielectric layers and to obtain structures with a minimum number of individual atoms of magnetic metals immersed in the dielectric matrix and with minimal inclusions of the dielectric in the metal grains, which can hypothetically cause an increase in the role of spin-dependent tunnelling of electrons. The aim of the thesis was to establish the general patterns of influence of the thickness of ferromagnetic and dielectric layers and the conditions of heat treatment of layered structures formed on the basis of Fe and SiO_x on their structural phase state, electrical conductivity, magnetoresistive and magnetic properties. The subject of the research is the dimensional and temperature effects on the electrical conductivity and the magneto-resistive properties of the layered structures. The subject of the research is the phase state, crystal structure, electrophysical (electrical conductivity and TCR) and magnetoresistive properties of layered structures based on Fe and SiO_x formed by layer-by-layer condensation methods. Research methods. The layered structures were formed by layer-by-layer condensation in vacuum. The following methods were used to study the structure and phase composition: electronography, transmission electron microscopy and energy dispersive X-ray microanalysis. Electrical conductivity and magnetoresistive properties of high-precision resistometry using automated experimental control systems and SQUID magnetometry at room temperature and when cooled to 10 K. The experimental results obtained in this work are valuable from both a fundamental and an applied point of view. In the first case, we are talking about obtaining a large number of experimental results on electro- and magnetoresistive properties for functional elements of sensors based on composite materials with a layered structure, depending on the effective thickness of magnetic and non-magnetic layers. The research results can become a methodological basis for the use of this type of materials as one of the functional layers of the element base of nanoelectronics or spintronics, as well as directly for the creation of ultra-sensitive elements of magnetic field sensors with stable operating characteristics over time.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Pazukha I.M., Shkurdoda Yu.O., Petrenko R.M., Lohvynov A.M., Pylypenko O.V. Peculiarities of magnetoresistance of [Fe/SiO]_n discontinuous multilayers. *Journal of Superconductivity and Novel Magnetism*, 2021. V.33. P. 1119-1124.
- Pazukha I.M., Shkurdoda Yu.O., Petrenko R.M., Lohvynov A.M., Pylypenko O.V. Size and heat treatment effects in the electrical conduction of the [Fe/SiO]_n discontinuous multilayers. *Physica B: Condensed Mater*, 2021. V. 618. P. 413171.

- Пазуха І.М., Петренко Р.М., Шкурдода Ю.О., Логвинов А.М., Пилипенко О.В., Щоткін В.В., Долгов-Гордійчук С.Р., Дехтярук Л.В. Електропровідність і магнеторезистивні властивості шаруватих структур на основі Fe та SiO. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології, 2021.№ 19(1). С. 35-43.
- Shkurdoda Y.O., Pazukha I.M., Petrenko R.M., Chornous A.M., Dekhtyaruk L.V. Structure and magnetoresistive properties of three-layer thin films of spin-valve type. Current Applied Physics, 2020. V. 20. P. 788-793.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; матеріали

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0119U100777; 0120U102005

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шкурдода Юрій Олексійович
2. Yurii Shkurdoda

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8180-4574

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Римського-Корсакова, буд. 2, 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. Пазуха Ірина Михайлівна
2. Iryna Pazukha

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9410-3024

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Римського-Корсакова, буд. 2, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Товстолиткін Олександр Іванович

2. Oleksandr Tovstolytkin

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

Ідентифікатор ORCID ID: Товстолиткін

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. Денисов Станіслав Іванович

2. Stanislav Denysov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9590-1001

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут прикладної фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05399225

Місцезнаходження: вул. Петропавлівська, буд. 58, Суми, Сумський р-н., 40000, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шпетний Ігор Олександрович

2. Ihor Shpetnyi

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6124-4696

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Римського-Корсакова, буд. 2, 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. Тищенко Костянтин Володимирович

2. Kostyantyn Tyschenko

Кваліфікація: к. ф.-м. н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3683-8270

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Римського-Корсакова, буд. 2, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Опанасюк Анатолій Сергійович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Опанасюк Анатолій Сергійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Бойко Антон Олександрович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна