

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0825U004104

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 15-11-2025

**Статус:** Наказ про видачу диплома

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:** Наказ №1-НОД від 28.01.2026 "Про видачу диплому доктора філософії та додатка до нього європейського зразка"



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Попадюк Дарія Леонідівна

2. Dariia L. Popadiuk

**Кваліфікація:** 105

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-7663-6131

**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:** 56025 Прикладна фізика та наноматеріали

**Дата захисту:** 13-01-2026

**Спеціальність за освітою:** Прикладна фізика та наноматеріали

**Місце роботи здобувача:** Інститут магнетизму імені В. Г. Бар'яхтара Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 23494128

**Місцезнаходження:** бульв. Академіка Вернадського, 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 11344

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

**Код за ЄДРПОУ:** 23494128

**Місцезнаходження:** бульв. Академіка Вернадського, 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, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 29.19.39

**Тема дисертації:**

1. Вплив кристалічної структури на магнітостатичні та магнітодинамічні властивості епітаксialьних плівок сплавів Гейслера
2. The influence of crystal structure on magnetostatic and magnetodynamic properties of epitaxial films of Heusler alloys

**Реферат:**

1. Основною метою досліджень, проведених у дисертаційній роботі, було визначення впливу мікро та мезоскопічної кристалічної структури епітаксialьних плівок сплавів Гейслера на їх магнітні та магнітодинамічні характеристики, а також встановлення технологічних методів їх контролю. Створення магнітної наноелектроніки потребує розв'язання низки як фундаментальних, так і технологічних проблем. Серед фундаментальних слід зазначити проблеми керування магнітною динамікою та магнітними параметрами наносистем (магнітною анізотропією, коефіцієнтами затухання, обмінною константою, тощо). З прикладної точки зору є нагальна необхідність пошуку матеріалів, які мають параметри, що відповідають вимогам конкретних систем та приладів, а, з іншого боку, є високотехнологічними і можуть бути легко

інтегровані в сучасні промислові цикли. Найбільш привабливим було б використання суцільнометалевих магнітних елементів, технологія виготовлення яких є достатньо відпрацьованою і дозволяє використовувати стандартні технологічні потужності. Крім того, такі елементи можуть бути легко інкорпоровані в сучасні мікросхеми. Одним з найбільш перспективних матеріалів для цього вважаються сплави Гейслера. Розрахунки показують, що деякі сплави Гейслера можуть мати стовідсоткову спінову поляризацію. Дане твердження досі залишається теоретичним передбаченням, але ступінь спінової поляризації в цих сплавах є значними в області кімнатних температур, і вони вже використовуються в спінтроніці. Крім того, сплави Гейслера на основі заліза та кобальту характеризуються найнижчим серед металічних феромагнетиків коефіцієнтом магнітного затухання, що відкриває шлях для їх застосування в елементах магнітоніки. Основною проблемою на шляху використання сплавів Гейслера в спінтроніці та магнітоніці є той факт, що їхні магнітні властивості суттєво залежать від кристалічної структури (ступеня впорядкованості, однорідності, розмірів кристалітів, двійникової структури, тощо), яка, в свою чергу, визначається технологією виготовлення та обробки. Тому встановлення взаємозв'язку між кристалічною структурою та магнітними параметрами цих матеріалів, а також розробка магнітних структур з контрольованими параметрами є актуальною задачею. В даній дисертаційній роботі досліджувались фізичні закономірності формування магнітних характеристик епітаксialних плівок сплавів Гейслера. Дисертаційна робота складається з чотирьох розділів. У Вступі викладено основні аргументи щодо актуальності обраної теми, визначено основну мету та завдання дослідження, а також окреслено об'єкт і предмет вивчення. Крім того, представлені ключові наукові положення, які винесені на захист і відображають новизну отриманих результатів, показано особистий внесок здобувача у виконанні роботи. Також наведена інформація про апробацію наукових результатів на фахових наукових конференціях та про зв'язок дисертаційного дослідження з науково-дослідницькими роботами. Перший розділ містить інформацію про сучасний стан дослідження тонких плівок сплавів Гейслера та обґрунтування актуальності та новизни результатів, які описані в подальших розділах. Наведені основні данні про структуру та магнітні властивості сплавів Гейслера з акцентом на особливості, які мають місце в тонких епітаксialних плівках цих матеріалів. В другому розділі наведена коротка інформація щодо експериментальних методів, які використовувались в даній роботі для дослідження структурних та магнітних властивостей зразків (енерго-дисперсійна рентгенівська спектроскопія, рентгенівська дифракція, атомно-силова мікроскопія, вібраційна магнітометрія, феромагнітний резонанс та Бріллюенівське розсіювання), та основні фізичні принципи, які лежать в їх основі. Третій розділ присвячений дослідженню структури та магнітних властивостей епітаксialних плівок сплаву Гейслера  $\text{Co}_2\text{FeGe}$ , осаджених на монокристалічні підкладинки  $\text{MgO}$  (100). Це дослідження показує значну роль термічної обробки в оптимізації магнітних властивостей плівок  $\text{Co}_2\text{FeGe}$  для застосувань в системах спінтроніки та магнітоніки. Було показано, як на магнітні статичні та магнітодинамічні властивості впливає мікроструктура плівок, на яку, у свою чергу, впливає термічна обробка. Зокрема, було продемонстровано, що вплив температури обробки має немонотонний характер і показані шляхи оптимізації технологічних параметрів для досягнення потрібних магнітних властивостей плівок. В четвертому розділі наведені результати по дослідженню впливу мезоскопічної просторово періодичної двійникової структури, яка формується в епітаксialних плівках сплавів з магнітним ефектом пам'яті форми, на їх магнітні властивості та магнітодинамічні характеристики. Обговорюється механізми формування просторово періодичної двійникової структури в тонких плівках сплавів з ефектом пам'яті форми та вплив товщини плівок на період такої структури. Показана аналогія між нанодвійниковими структурами та шаруватими системами на основі феромагнетиків.

2. The main goal of the research carried out in the dissertation was to determine the influence of the micro and mesoscopic crystal structure of epitaxial films of Heusler alloys on their magnetic and magnetodynamic characteristics, as well as to establish technological methods for their control. The creation of magnetic nanoelectronics requires solution of a number of fundamental and technological problems. Among the fundamental ones, it should be noted the problem of controlling magnetic dynamics and magnetic parameters of nanosystems (magnetic anisotropy, damping coefficients, exchange constant, etc.). From an applied point of view, there is an urgent need to find materials having parameters that meet the requirements of specific systems and

devices, and, on the other hand, to be highly technological and easily integrated into modern industrial cycles. The most attractive would be to use all-metal magnetic elements, which manufacture is well developed and allows using standard technologies. In addition, such elements can be easily incorporated into modern microchips. One of the most promising materials for this is considered to be Heusler alloys. Calculations show that some Heusler alloys can have one hundred percent spin polarization. This statement still remains a theoretical prediction, but the degree of spin polarization in these alloys at room temperatures is high enough, and they are already used in spintronic devices. In addition, Heusler alloys based on iron and cobalt are characterized by the lowest magnetic damping parameter among metallic ferromagnets, which opens the way for their application in magnonics elements. The main problem with Heusler alloys in spintronics and magnonics is the fact that their magnetic properties strongly depend on the crystal structure (degree of ordering, uniformity, crystallite size, twin structure, etc.), which, in turn, are determined by the manufacturing and processing technology. Therefore, establishing the relationship between the crystal structure and magnetic parameters of these materials, as well as the development of magnetic structures with controlled parameters is a relevant task. This dissertation study investigated the physical principles of a control of magnetic characteristics of epitaxial films of Heusler alloys. The dissertation consists of four sections. The Introduction sets out the main arguments regarding the relevance of the chosen topic, defines the main goal and objectives of the research, and outlines the object and subject of study. In addition, the key scientific results that are presented for defense and reflect the novelty of the results obtained are formulated, and the personal contribution of the applicant to the work performed is shown. The information on the approval of scientific results at professional scientific conferences and on the connection of the dissertation research with scientific research works is also provided. The First section contains information on the current state of research on thin films of Heusler alloys and justification of the relevance and novelty of the results described in the following sections. Some main data on the structure and magnetic properties of Heusler alloys are presented with an emphasis on the features that occur in thin epitaxial films of these materials. The Second section provides a brief information on the experimental methods used in this work to study the structural and magnetic properties of the samples (energy- dispersive X-ray spectroscopy, X-ray diffraction, atomic force microscopy, vibrational magnetometry, ferromagnetic resonance and Brillouin scattering), as well as the basic physical principles that underlie them. The Third section is devoted to the study of the structure and magnetic properties of epitaxial films of  $\text{Co}_2\text{FeGe}$  Heusler alloy deposited on single-crystal  $\text{MgO}(100)$  substrates. This study shows the significant role of heat treatment in optimizing the magnetic properties of these films for applications in spintronics and magnonics systems. It was shown how the magnetostatic and magnetodynamic properties are affected by the microstructure of the films, which, in turn, is affected by heat treatment. In particular, it was demonstrated that the effect of the thermal treatment is non-monotonic in nature and ways to optimize technological parameters to achieve the desired magnetic properties of the films are shown. The Fourth section presents the results of the investigation of the influence of the mesoscopic spatially periodic twin structure, which is formed in epitaxial films of alloys with a magnetic shape memory effect, on their magnetic properties and magnetodynamic characteristics. The mechanisms of formation of a spatially periodic twin structure in thin films of alloys with a shape memory effect and the influence of the film thickness on the period of such a structure are discussed. The analogy between nanotwin structures and layered systems based on ferromagnets.

**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:

- Popadiuk D., Vovk A., Bunyaev S. A., Kakazei G. N., Araújo J. P., Strichovanec P., Algarabel P. A., Golub V., Kravets A. F., Korenivski V., Trzaskowska A. (2025). Spin waves in Co<sub>2</sub>FeGe films. *Journal of Applied Physics*. 137 (12): 123902.
- Vovk A., Popadiuk D., Postolnyi B., Bunyaev S., Štrichovanec P., Pardo J.Á., Algarabel P.A., Salyuk O., Korenivski V., Kakazei G.N., Golub V.O., Araujo J.P. (2024). Effect of Thermal Processing on the Structural and Magnetic Properties of Epitaxial Co<sub>2</sub>FeGe Films. *Nanomaterials*. 14(21):1745.
- Golub V., Aseguinolaza I.R., Salyuk O., Popadiuk D., Sharay I., Fernández R., Alexandrakis V., Bunyaev S.A., Kakazei G.N., Barandiarán J.M., Chernenko V.A. (2021). Thickness dependences of structural and magnetic properties of Ni(Co)MnSn/MgO(001) thin films. *Journal of Alloys and Compounds*. 862, 158474.
- 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:** матеріали

**Соціально-економічна спрямованість:** створення елементної бази спінтроники та магноники

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** 0121U110107, 0121U110090, 0124U000392, 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 ORCID ID:** 0000-0002-7550-3978

**Додаткова інформація:** Scopus: 7102805496.

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

**Код за ЄДРПОУ:** 23494128

**Місцезнаходження:** бульв. Академіка Вернадського, 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. Лізунов Вячеслав Вячеславович
2. Viacheslav V. Lizunov

**Кваліфікація:** д.ф.-м.н., професор, 01.04.07**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3264-0219**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова Національної академії наук України**Код за ЄДРПОУ:** 05417331**Місцезнаходження:** бульвар Академіка Вернадського, Київ, 03142, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Національна академія наук України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Савченко Дарія Вікторівна
2. Dariia V. Savchenko

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., доц., 01.04.07**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0005-0732**Додаткова інформація:** Scopus: 6508026634.**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**Код за ЄДРПОУ:** 02070921**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна**Форма власності:****Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується**Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Герасимчук Ігор Вікторович
2. Ihor V. Herasymchuk

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.02**Ідентифікатор ORCID 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, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Козлова Лариса Євгенівна

2. Larysa Y. Kozlova

**Кваліфікація:** к.ф.-м.н., с.н.с., 01.04.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0009-0006-0842-589X

**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, 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**

Верба Роман Володимирович

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

Верба Роман Володимирович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Шарай Ірина Вікторівна

**Реєстратор**

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна