Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U002599

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 16-06-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ЛНУ ім. Івана Франка № 893 від 10.07.2026 р.

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лопачак Марія Миколаївна
2. Mariia M. Lopachak

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0003-2353-7097

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 102

Назва наукової спеціальності: Хімія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Хімія

Дата захисту: 22-06-2026

Спеціальність за освітою: Хімія

Місце роботи здобувача: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 13723

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, 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: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 31.15.21.09, 31.15.33.09, 31.15.30

Тема дисертації:

1. Термоініційовані процеси у аморфних сплавах системи Co-ПМ-Si-B.

2. Thermally Initiated Processes in Amorphous Alloys of the Co-TM-Si-B System.

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена комплексному дослідженню термоініційованих процесів нанокристалізації аморфних металевих сплавах (АМС) системи Co–ПМ–Si–B (ПМ = Fe, Cr) чотирьох складів: Co77Si11B12, Co72Fe5Si11B12, Co68Cr9Si11B12 та Co72Fe2,5Cr2,5Si11B12, одержаних методом надшвидкого гартування з рідкого стану. Вперше встановлено кореляційні залежності між структурним станом, елементним складом і функціональними властивостями аморфних і наноструктурованих матеріалів: термічною стійкістю аморфної матриці, кінетичними параметрами нанокристалізації, фазовим складом продуктів кристалізації, магнітною поведінкою, мікромеханічними характеристиками, корозійною тривкістю у кислому та лужному середовищах, а також електрокаталітичною активністю у реакції виділення водню. Методами ДСК, Х-променевого та термомагнітного аналізу досліджено кінетику нанокристалізації та структурно-фазові перетворення у широкому діапазоні температур. Встановлено, що Cr є ефективним стабілізатором аморфної структури та суттєво підвищує термічну стійкість матриці, тоді як введення Fe практично не змінює ступінь топологічного впорядкування. Показано, що механізми кристалізації

принципово відрізняються залежно від легувального елемента: від двовимірного росту зерен у базовому сплаві до поверхневого механізму за наявних зародків у Cr-вмісному. Для кожного сплаву встановлено індивідуальну схему фазових перетворень із формуванням характерного набору кристалічних фаз. Методом ТЕМ охарактеризовано мікроструктуру сплавів після неізотермічного відпалу. Встановлено, що легування Cr забезпечує формування нанокомпозитного аморфно-кристалічного стану з рівномірно розподіленими ізольованими нанокристалами без ознак агломерації. ЕДРС-аналіз підтвердив вибіркову сегрегацію Cr на міжзеренних межах, що визначає його роль як інгібітора росту нанокристалів і забезпечує формування суцільного захисного оксидного шару при електрохімічному навантаженні. Магнітна поведінка сплавів визначається співвідношенням феромагнітних та немагнітних фаз: Fe підвищує температуру Кюрі через посилення обмінної взаємодії, тоді як Cr знижує її через демагнітуючий вплив. Електрохімічними дослідженнями встановлено, що Cr-вмісний сплав є найбільш корозійнотривкими в кислому та лужному середовищах завдяки утворенню електронно-ізоляційної плівки Cr_2O_3, тоді як нанокристалізація сплавів без Cr або з малим його вмістом прискорює корозійну деградацію через розвиток міжзернових гальванічних пар. Мікромеханічні дослідження виявили широкий діапазон твердості залежно від складу та структурного стану, а нанокристалізація базового сплаву забезпечує максимальне зміцнення за механізмом Холла-Петча. Аморфний Fe-вмісний сплав визначено як найефективніший безплатиновий електрокаталізатор для лужного електролізу завдяки оптимальній енергії адсорбції водню.

2. The dissertation presents a comprehensive study of thermally induced nanocrystallization processes in amorphous metallic alloys (AMAs) of the Co–TM–Si–B system (TM = Fe, Cr) of four compositions: $Co_{77}Si_{11}B_{12}$, $Co_{72}Fe_5Si_{11}B_{12}$, $Co_{68}Cr_9Si_{11}B_{12}$, and $Co_{72}Fe_{2,5}Cr_{2,5}Si_{11}B_{12}$, produced by rapid melt quenching. For the first time, correlation dependencies have been established between the structural state, elemental composition, and functional properties of amorphous and nanostructured materials: thermal stability of the amorphous matrix, kinetic parameters of nanocrystallization, phase composition of crystallization products, magnetic behavior, micromechanical characteristics, corrosion resistance in acidic and alkaline media, and electrocatalytic activity in the hydrogen evolution reaction. The kinetics of nanocrystallization and structural-phase transformations over a wide temperature range were investigated by DSC, X-ray diffraction, and thermomagnetic analysis. Cr was found to be an effective stabilizer of the amorphous structure, significantly enhancing the thermal stability of the matrix, whereas Fe addition has virtually no effect on the degree of topological ordering. The crystallization mechanisms were shown to differ fundamentally depending on the alloying element, ranging from two-dimensional grain growth in the base alloy to a surface mechanism with pre-existing nuclei in the Cr-containing alloy. An individual phase transformation sequence with a characteristic set of crystalline phases was established for each alloy. The microstructure of the alloys after non-isothermal annealing was characterized by TEM. Cr alloying was found to promote the formation of a nanocomposite amorphous–crystalline state with uniformly distributed isolated nanocrystals free of agglomeration. EDS analysis confirmed selective Cr segregation at grain boundaries, establishing its role as a nanocrystal growth inhibitor and ensuring the formation of a continuous protective oxide layer under electrochemical loading. The magnetic behavior of the alloys is governed by the ratio of ferromagnetic to non-magnetic phases: Fe raises the Curie temperature by strengthening exchange interactions, while Cr reduces it through a demagnetizing effect. Electrochemical studies established that the Cr-containing alloy exhibits the highest corrosion resistance in both acidic and alkaline media owing to the formation of an electronically insulating Cr_2O_3 film, whereas nanocrystallization of alloys with no or low Cr content accelerates corrosion degradation through the development of intergranular galvanic couples. Micromechanical investigations revealed a wide range of hardness values depending on composition and structural state, with nanocrystallization of the base alloy providing maximum strengthening via the Hall–Petch mechanism. The amorphous Fe-containing alloy was identified as the most efficient platinum-free electrocatalyst for alkaline electrolysis owing to its optimal hydrogen adsorption energy.

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:

- 1. М. Лопачак, Л. Бойчишин. Фізико-хімічні властивості аморфних сплавів на основі кобальту. Огляд. Праці НТШ. Хімічні науки, 2023 73 26-37. https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2023.73.026.
- 2. M. Lopachak, L. Boichyshyn, N. Pandiak, V. Nosenko. Chapter 30. Iron and Chromium Influence on Crystallization Kinetics of Cobalt-Based Amorphous Alloys. In: Fesenko, O., Yatsenko, L. (eds) Nanomaterials and Nanocomposites, Nanostructures, and Their Applications. NANO 2023. Springer Proceedings in Physics, 2024 253 443-452. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67519-5_30. (Scopus і Web of Science, квартиль Q4)
- 3. M. M. Lopachak. Chapter 11. Physico-Chemical Properties and Application of the Amorphous Metallic Alloys of the Co-Si-B System. In: Boichyshyn L. M., Reshetnyak O.V. (eds) Nanoobjects & Nanostructuring. Volume II. Mississauga, Ontario: Nova Printing Inc., 2024 153-164. ISBN 978-1-7388295-1-4.
- 4. О. Герцик, М. Лопачак, М. Ковбуз, В. Слободний, В. Кордан, Н. Пандяк. Вплив термообробки на електрохімічні властивості кобальтових аморфних сплавів. Вісник Львівського університету. Серія хімічна, 2024 65 318-325. http://dx.doi.org/10.30970/vch.6501.318.
- 5. Л. Бойчишин, М. Лопачак, Б. Котур, О. Герцик, Т. Боднар. Дослідження межі поділу фаз аморфний електрод Co75,5Fe4,6Si6,0B16,7 / водний розчин NaCl методом електрохімічної імпедансної спектроскопії. Праці НТШ. Хімічні науки, 2024 75 7-16. https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2024.75.007.
- 6. Т. Боднар, М. Лопачак, Л. Бойчишин. Вплив легування хромом на корозійну тривкість аморфних сплавів на основі кобальту в 0,1 М HCl. Праці НТШ. Хімічні науки, 2025 78 253-260. https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2025.78.253.
- 7. M. M. Lopachak, L. M. Boichyshyn. Influence of alloying elements on the electrochemical behaviour of cobalt Co–Si–B–Fe–Cr amorphous-nanocrystalline alloys in a 1 M KOH solution. Physicochemical Mechanics of Materials. 2025 61 (6) 27-32. https://doi.org/10.15407/pcmm2025.06.027.
- 8. M. M. Lopachak, L. M. Boichyshyn, V. K. Nosenko. Electrochemical Behavior of Cobalt-Based Nanostructured Amorphous Alloys in Alkaline Solution. 2023 IEEE 13th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP), 10-15 September 2023, Bratislava, 2023, P. EN02-1-EN02-4. DOI: 10.1109/NAP59739.2023.10310931.
- 9. Н. Гавриляк, М. М. Лопачак, Л. М. Бойчишин. Електрохімічна кінетика окиснення поверхні аморфних металевих сплавів на основі кобальту. XIV Всеукраїнська конференція молодих вчених, студентів та аспірантів з актуальних питань хімії, 10-12 жовтня 2023 р, Харків, 2023, С. 61.
- 10. М. М. Лопачак, Л. М. Бойчишин Л. М. Електрохімічна поведінка аморфних металевих сплавів на основі кобальту в розчині NaCl. Звітна наукова конференція Львівського національного університету імені Івана Франка, секція хімічних наук, підсекція фізичної та колоїдної хімії, 1-7 лютого 2023 р., Львів, 2023, С. 27-29.
- 11. М. М. Лопачак, Л. М. Бойчишин. Вольтамперометричне дослідження аморфних металевих сплавів. VII Всеукраїнська Наукова Конференція «Актуальні Задачі Хімії: Дослідження Та Перспективи», 19 квітня 2023 р., Житомир, 2023, С. 126.
- 12. М. М. Лопачак, Л. М. Бойчишин, Н. Гавриляк. Корозійна тривкість аморфного металевого сплаву на основі кобальту у водних розчинах. XV Всеукраїнська наукова конференція студентів та аспірантів "Хімічні Каразінські читання - 2023", 24–26 квітня 2023 р., Харків, 2023, С. 195-196.
- 13. M. M. Lopachak, L. M. Boichyshyn, O. V. Reshetnyak. Electrochemical Impedance Spectroscopy Study of Thin Films with Insulating and Anticorrosion Properties on Cobalt-Based Amorphous Alloys. International Freik Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems ICPTTFN-XIX, 9-14 October 2023, Ivano-Frankivsk, 2023, P. 90.

- 14. M. M. Lopachak, L. M. Boichyshyn, M. Karolus, N. L. Pandiak, V. K. Nosenko. Iron and Chromium influence on crystallization kinetics of Cobalt-based amorphous alloys. The International research and practice conference “Nanotechnology and nanomaterials”, 16 - 19 August 2023, Bukovel, 2023, P. 429.
- 15. Н.- М.Гавриляк, М. М. Лопачак, Т. Боднар, Л.М Бойчишин. Вплив швидкості поляризації АМС-електродів на їх корозійну тривкість у лужних розчинах. Дев’ятий науковий семінар студентів, аспірантів і молодих учених «Прикладні аспекти електрохімічного аналізу», 2-4 жовтня 2024 р., Львів, 2024, С. 9.
- 16. М. М. Лопачак, Л. М. Бойчишин. Вплив легування та термічної обробки аморфних металевих сплавів системи Co-Si-B на їх корозійну тривкість. Звітна наукова конференція Львівського національного університету імені Івана Франка, секція хімічних наук, підсекція фізичної та колоїдної хімії, 1-7 лютого 2024 р., Львів, 2024, С. 21-23.
- 17. M. Lopachak, B. Kotur, L. Boichyshyn Physico-chemical properties and application of the amorphous metallic alloys of the Co-Si-B system. IIIrd International Research and Practice Conference «Nanoobjects & Nanostructuring», 7-10 October 2024, Lviv, 2024, P. 26.
- 18. M. Lopachak, N. Havrylyak, O. Hertsyk, L. Boichyshyn. Hydrogen evolution using amorphous metal alloy electrodes in renewable and unconventional energy sources. VIII Міжнародний конгрес “Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування.”, 16-18 жовтня 2024 р., Львів, 2024, С. 117. https://doi.org/10.56287/8285-40-1
- 19. T. M. Bodnar, M. M. Lopachak, V.K. Nosenko, D.H. Dmytriv, L.M. Boichyshyn. Cobalt alloys with amorphous-nanocrystalline structure: corrosion behavior in alkaline solutions. XX International Freik Conference Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems, 6-10 October 2025, Ivano-Frankivsk, 2025, P. 228-229.
- 20. M. Lopachak, T. Bodnar, B. Kotur, Yu. Kulyk, L. Boichyshyn. Structure and corrosion resistance of amorphous alloy Co68Cr9Si11B12. First Ukrainian-Polish Interdisciplinary Seminar. 10 June 2025, Lviv - Katowice, 2025, P. 16.
- 21. L.M. Boichyshyn, O.M. Hertsyk, V.A. Slobodnyj, M.M. Lopachak. The effect of nanostructuring on the properties of cobalt amorphous alloys. The International research and practice conference “Nanotechnology and nanomaterials”, 20-23 August 2025, Bukovel, 2025, P. 406.
- 22. Патент України на корисну модель № 156947. МПК C01B 3/50 C01B 3/54 C25B 11/04. Спосіб виділення водню з лужного розчину / О. М. Герцик, Л. М. Бойчишин, М. М. Лопачак, В. К. Носенко, Л. Я. Кіт – № u202401406 – заявл. 8.03.2024; опубл. 21.08.2024, Бюл. № 34/2024. Заявник і власник – Львівський національний університет імені Івана Франка.
- 23. Патент України на корисну модель № 158910. МПК C01B 3/50 C01B 3/54. Спосіб виділення водню / О. М. Герцик, Л. М. Бойчишин, М. М. Лопачак, Н.-М. Гавриляк, Л. Я. Кіт – № u202404732 – заявл. 02.10.2024; опубл. 02.04.2025 , Бюл. № 14/2025. Заявник і власник – Львівський національний університет імені Івана Франка.

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

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; економія енергоресурсів; зменшення зносу обладнання

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0120U102128; 0123U101830

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бойчишин Лідія Михайлівна

2. Lidiia M. Boichyshyn

Кваліфікація: д. х. н., професор, 02.00.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7553-2202

Додаткова інформація: https://scholar.google.com.ua/citations?user=XOez8bsAAAAJ&hl=uk; Web of Science Researcher ID: S-9509-2017; Scopus Author ID: 36681224700

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, 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. Роїк Олександр Сергійович

2. Oleksandr S. Roik

Кваліфікація: д. х. н., професор, 02.00.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9705-1100

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6507005761; Web of Science Researcher ID: F-3102-2017; https://scholar.google.com/citations?user=vn4ZJRgAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Марчук Олег Васильович

2. Oleg V. Marchuk

Кваліфікація: д. х. н., професор, 02.00.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5618-7156

Додаткова інформація: https://scholar.google.com.ua/citations?user=5qkU2MIAAAAJ&hl=uk; Web of Science Researcher ID: AAQ-1923-2020; Scopus Author ID: 57191781842

Повне найменування юридичної особи: Волинський національний університет імені Лесі Українки

Код за ЄДРПОУ: 02125102

Місцезнаходження: проспект Волі, Луцьк, Луцький р-н., 43025, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Галайчак Світлана Анатоліївна

2. Svitlana A. Halaichak

Кваліфікація: к. т. н., старший науковий співробітник, 05.17.14

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3823-2056

Додаткова інформація: Scopus ID: 57194434882; https://scholar.google.com/citations?hl=uk&user=8bcU7b0AAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534506

Місцезнаходження: вул. Наукова, Львів, 79060, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: 02jv3yx22

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Зелінська Оксана Ярославівна

2. Oksana Y. Zelinska

Кваліфікація: к. х. н., доцент, 02.00.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0006-5500-2777

Додаткова інформація: https://scholar.google.com.ua/citations?user=cta_EDgAAAAJ&hl=ru&oi=ao; Scopus Author ID: 14324058200; Web of Science Researcher ID: L-8451-2017

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Штаблавий Ігор Іванович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Штаблавий Ігор Іванович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Жак Ольга Володимирівна
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна