

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U003107

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-07-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/60/26 від 13.08.2026



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дуань Маньтан --

2. Mantang Duan

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: ні

Шифр наукової спеціальності: 132

Назва наукової спеціальності: Матеріалознавство

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Матеріалознавство

Дата захисту: 21-07-2026

Спеціальність за освітою: 132 Матеріалознавство

Місце роботи здобувача: Організація відсутня

Код за ЄДРПОУ: 0000000000

Місцезнаходження: 00000, 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): PhD 14717

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

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 Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 53.39, 55.23.13.15, 61.35.29, 81.09

Тема дисертації:

1. ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ І ВЛАСТИВОСТЕЙ СПЛАВІВ СИСТЕМИ $\text{SiC}-(\text{Ti}_{0.2}\text{Zr}_{0.2}\text{Hf}_{0.2}\text{Nb}_{0.2}\text{Ta}_{0.2})\text{B}_2$
2. Formation of Structure and Properties of $\text{SiC}-(\text{Ti}_{0.2}\text{Zr}_{0.2}\text{Hf}_{0.2}\text{Nb}_{0.2}\text{Ta}_{0.2})\text{B}_2$ Composites.

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена дослідженню композиційних матеріалів системи $\text{SiC}-(\text{Ti}_{0.2}\text{Zr}_{0.2}\text{Hf}_{0.2}\text{Nb}_{0.2}\text{Ta}_{0.2})\text{B}_2$ ($\text{SiC}-\text{HEB}$), у якій карбід кремнію розглядається як високотемпературна керамічна матриця, а високоентропійний диборид перехідних металів — як перспективна зміцнювальна фаза. Актуальність роботи зумовлена необхідністю створення керамічних матеріалів, здатних працювати за високих температур, інтенсивного зношування, термічних навантажень та в окиснювальному середовищі. Метою роботи є встановлення закономірностей формування фазового складу, мікроструктури та властивостей матеріалів системи $\text{SiC}-\text{HEB}$ залежно від складу і технологічних умов одержання. У роботі поєднано першопринципні розрахунки та експериментальні методи синтезу. На основі теорії функціоналу густини досліджено структурну стабільність, електронну будову, термодинамічні характеристики та механічні властивості високоентропійного дибориду $(\text{Ti}_{0.2}\text{Zr}_{0.2}\text{Hf}_{0.2}\text{Nb}_{0.2}\text{Ta}_{0.2})\text{B}_2$. Показано, що він є

структурно стабільним і зберігає кристалічну будову типу AlB_2 , а його висока твердість і жорсткість пов'язані з особливостями хімічного зв'язку $Me-B$. Експериментально матеріали системи $SiC-HEB$ отримано методами дугового плавлення, безтигельного зонного плавлення зі спрямованою кристалізацією та швидкісного гарячого пресування. Фазовий склад і мікроструктуру досліджено методами рентгенівської дифракції, сканувальної електронної мікроскопії та енергодисперсійного мікроаналізу. Встановлено, що в системі формується двофазна структура, яка складається з SiC та високоентропійної боридної фази. За результатами дугового плавлення визначено склад $60SiC-40HEB$, мол.%, як близький до евтектичного, для якого характерне формування однорідної дрібнодисперсної мікроструктури. Показано, що під час спрямованої кристалізації матеріали евтектичного складу мають переважно ламелярну двофазну структуру. Збільшення швидкості кристалізації від 1 до 3 мм/хв приводить до зменшення характерного розміру фазових складових і міжламелярної відстані. Механічні випробування показали, що твердість таких матеріалів становить 22–25 ГПа, а тріщиностійкість $K_{IC} = 3,7 \pm 0,2 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. Підвищення тріщиностійкості пов'язане з відхиленням і розгалуженням тріщин на міжфазних межах та ускладненням траєкторії їх поширення. Для кераміки, отриманої швидкісним гарячим пресуванням, встановлено вплив температури спікання 1800–2300 °C на мікроструктуру та механічні властивості. Максимальна твердість 23,75 ГПа досягнута після спікання при 1800 °C, а максимальні значення тріщиностійкості $5,01 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ і міцності на згин 670 МПа — при 1900 °C. За результатами термічного аналізу встановлено, що формування стабільної двофазної структури $SiC-HEB$ підвищує температуру початку окиснення з 586 °C до 650 °C і знижує швидкість приросту маси порівняно з механічною сумішшю порошків. Наукова новизна роботи полягає у встановленні закономірностей фазоутворення, структуроутворення та формування властивостей у системі $SiC-(Ti_{0.2}Zr_{0.2}Hf_{0.2}Nb_{0.2}Ta_{0.2})B_2$. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання для розроблення високотемпературних, зносостійких і конструкційних керамічних матеріалів на основі карбіду кремнію та високоентропійних боридів.

2. The dissertation is devoted to the study of composite materials of the $SiC-(Ti_{0.2}Zr_{0.2}Hf_{0.2}Nb_{0.2}Ta_{0.2})B_2$ system, in which silicon carbide is considered as a high-temperature ceramic matrix and the high-entropy diboride of transition metals is used as a promising reinforcing phase. The relevance of the work is determined by the need to develop new ceramic materials capable of operating under high temperatures, intensive wear, thermal loading and oxidizing environments. The aim of the work is to establish the regularities of phase formation, microstructure development and property formation in $SiC-HEB$ materials depending on composition and processing conditions. The work combines first-principles calculations and experimental synthesis methods. Based on density functional theory, the structural stability, electronic structure, thermodynamic characteristics and mechanical properties of the high-entropy diboride $(Ti_{0.2}Zr_{0.2}Hf_{0.2}Nb_{0.2}Ta_{0.2})B_2$ were investigated. It was shown that this phase is structurally stable, retains the AlB_2 -type crystal structure and can act as an effective reinforcing component in SiC -based ceramics. The experimental part included the preparation of $SiC-HEB$ materials by arc melting, crucible-free zone melting with directional solidification and high-speed hot pressing. The phase composition and microstructure were studied using X-ray diffraction, scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray microanalysis. It was established that the materials mainly consist of two phases, SiC and the high-entropy boride phase. Based on arc melting experiments, the composition $60SiC-40HEB$, mol.%, was identified as close to the eutectic composition, for which an extended, homogeneous and fine-dispersed two-phase microstructure is formed. Directionally solidified materials of the eutectic composition were characterized by a predominantly lamellar two-phase structure. An increase in the crystallization rate from 1 to 3 mm/min led to a decrease in the characteristic size of the phase constituents and interlamellar spacing. Mechanical tests showed that the Vickers hardness of the directionally solidified materials was 22–25 GPa, while the fracture toughness K_{IC} was $3.7 \pm 0.2 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$. The improvement in fracture toughness is associated with crack deflection and branching at interphase boundaries, crack bridging and the more complex crack propagation path in the two-phase structure. For ceramics obtained by high-speed hot pressing, the influence of sintering temperature in the range of 1800–2300 °C on phase composition, microstructure and mechanical properties was established. The maximum hardness of 23.75 GPa was achieved for samples sintered at 1800 °C. The maximum fracture toughness of 5.01

MPa·m^{1/2} and flexural strength of 670 MPa were obtained for samples sintered at 1900 °C, which indicates the most favorable balance between densification, microstructural state, interphase interaction and crack-arresting mechanisms at this temperature. Thermal analysis showed that the formation of a stable two-phase SiC–HEB structure increases the oxidation onset temperature from 586 °C to 650 °C and reduces the mass gain rate compared with the mechanical powder mixture. This confirms the positive effect of the high-entropy boride phase not only on the mechanical properties but also on the high-temperature chemical stability of the composite. The scientific novelty of the dissertation lies in establishing the regularities of phase formation, microstructure evolution and property formation in the SiC–(Ti_{0.2}Zr_{0.2}Hf_{0.2}Nb_{0.2}Ta_{0.2})B₂ system. The practical significance of the results is related to the possibility of using the obtained data for the design of high-temperature, wear-resistant and structural ceramic materials based on silicon carbide and high-entropy borides.

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: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Mantang Duan, Solodkyi, I.V., Bogomol, Y.I. Recent Advancements in the Synthesis of High-Entropy Boride Ceramics: A Review. J. Superhard Mater. 45, 434–443 (2023). <https://doi.org/10.3103/S1063457623060023>. Здобувач здійснив пошук і аналіз літератури та підготовку статті; I.V. Solodkyi брав участь в редагуванні; Y.I. Bogomol здійснювала наукове керівництво та остаточне(Scopus, Q3).
- Duan, M., Bogomol, I. SiC–(Ti_{0.2}Zr_{0.2}Hf_{0.2}Nb_{0.2}Ta_{0.2})B₂ composite ceramics prepared by fast hot-press sintering. J Aust Ceram Soc 61, 637–647 (2025). <https://doi.org/10.1007/s41779-025-01168-1>. Здобувач підготував зразки, провів дослідження, обробив дані та підготував статтю; I. Bogomol здійснювала наукове керівництво й редагування (Scopus, Q2).
- Дуань Маньтан, В.Т. Мосяк, Д.Л. Палагеча, К.В. Кривенко, С.Г. Пономарчук, Д.О. Резнік, Я.В. Зауличний, О.В. Степанов, Д.С. Леонов, М.Ю. Барабаш, Ю.І. Богомол Структура та властивості композиційного матеріалу на основі карбіду кремнію армованого на мезорівні високоентропійним диборидом / Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології (Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii) 2024, т. 22, No 4, С. 1001-1013. <https://doi.org/10.15407/nnn.22.04.1001>. Здобувач підготував зразки, провів дослідження, обробив дані та підготував статтю; співавтори брали участь в експериментах і обговоренні результатів; Ю.І. Богомол здійснювала наукове керівництво й редагування (Scopus, Q4).
- Дуань Маньтан, Богомол Ю.І. Останні досягнення в дослідженнях щодо отримання високоентропійної боридної кераміки / Матеріали XV Міжнародної науково-технічної конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні- 2023», 27...28 квітня 2023 р., м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, С. 126-127. Здобувач обробив результати та підготував тези; Ю.І. Богомол брала участь в обговоренні й редагуванні.
- Дуань Маньтан, Мосяк В. Т., Богомол Ю. І. Структура та властивості керамічних композиційних матеріалів SiC–(Ti_{0.2}Zr_{0.2}Hf_{0.2}Nb_{0.2}Ta_{0.2})B₂ // Матеріали та технології в інженерії (MTI-2024): інженерія, матеріали, технології, транспорт: збірник наукових доповідей міжнародної конференції, Луцьк, Україна, 14–16 травня 2024 р. / Упоряд.: О. Повстяной, О. Залета, Б. Валецький, Р. Полінкевич. – Луцьк : Вежа- Друк, 2024. – С. 98–101. – ISBN 978-966-940-566-1. Здобувач обробив результати та підготував тези; В.Т. Мосяк брав участь в експериментальних дослідженнях; Ю.І. Богомол брала участь в обговоренні й редагуванні.
- Дуань Маньтан, Богомол Ю.І. Дослідження з перших принципів температурної залежності термодинамічних властивостей високоентропійного дибориду (Ti_{0.2}Zr_{0.2}Hf_{0.2}Nb_{0.2}Ta_{0.2})B₂ // Надтверді, композиційні матеріали та покриття: отримання, властивості, застосування: тези доповідей

Тринадцятої конференції студентів, аспірантів, молодих вчених та спеціалістів, 24 жовтня 2025 р., м. Київ. – Київ: ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України, 2025. – С. 26–27. Здобувач виконав обробку результатів DFT-дослідження та підготував тези; Ю.І. Богомол брала участь в обговоренні й редагуванні

- I. Bogomol, E. Ferkhatly, Duan Mantang, D. Reznik, S. Ponomarchuk, P. Loboda Ceramic composites reinforced with high-entropy borides for high-temperature applications / Book of Abstracts HighMatTech UMRS 8th International Materials Science Conference HighMatTech-2023, October 2–6, 2023 Kyiv, Ukraine, P. 30. Здобувач брав участь в обробленні результатів і підготовці тез; I. Bogomol, E. Ferkhatly, D. Reznik, S. Ponomarchuk і P. Loboda брали участь в обговоренні та редагуванні.
- Bogomol, I., Elmira Ferkhatly, Mantang Duan, et al.: High-temperature ceramic composites directionally reinforced with high-entropy borides. In: IXth International Samsonov Conference “Materials Science of Refractory Compounds” (MSRC-2024) (2024). <https://doi.org/10.62564/M4-IB1144>. Здобувач брав участь в обробленні результатів і підготовці тез; I. Bogomol, E. Ferkhatly та інші співавтори брали участь в обговоренні й редагуванні.

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

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0122U001556

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Богомол Юрій Іванович

2. Yurii I. Bohomol

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.16.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6633-0078

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 16400942300

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

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стасюк Олександр Олександрович
2. Oleksandr O. Stasiuk

Кваліфікація: к. т. н., старший науковий співробітник, 05.16.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2781-3293

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. Фесенко Ігор Павлович
2. Igor P. Fesenko

Кваліфікація: д.т.н., с.н.с., 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6108-4306

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417377

Місцезнаходження: вул. Автозаводська, Київ, 04074, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Васільєв Олександр Олексійович
2. Oleksandr O. Vasiliev

Кваліфікація: к.х.н., доцент, 02.00.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8358-7665

Додаткова інформація:

;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57038674900;https://orcid.org/0000-0002-8358-7665

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича
Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416930

Місцезнаходження: вул. Омеляна Пріцака, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лютий Ростислав Володимирович

2. Rostyslav V. Liutyi

Кваліфікація: д.н, доц., 05.16.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6655-6499

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 57216975383; Web of Science Researcher ID: ABC-2809-2020

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

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради

Мініцький Анатолій Вячеславович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні

Мініцький Анатолій Вячеславович

Відповідальний за підготовку
облікових документів

Дуань Маньтан

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна