# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0824U003168

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 30-09-2024

**Статус:** Захищена

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**

## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Калішенко Юлія Русланівна

2. Yuliia R. Kalishenko

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-6189-2629

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 161

**Назва наукової спеціальності:** Хімічні технології та інженерія

**Галузь / галузі знань:** хімічна та біоінженерія

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Хімічні технології та інженерія

**Дата захисту:** 03-09-2024

**Спеціальність за освітою:** Хімічні технології та інженерія

**Місце роботи здобувача:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

## III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 08.084.035

**Повне найменування юридичної особи:** Український державний університет науки і технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 44165850

**Місцезнаходження:** вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, 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:** Український державний університет науки і технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 44165850

**Місцезнаходження:** вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 47.09, 47.09.31, 47.09.41, 61.35, 61.35.29

**Тема дисертації:**

1. Радіопрозора кераміка зі зниженими температурами випалу на основі системи RO (MgO, BaO) – Al2O3 – SiO2

2. Radio-transparent ceramics with reduced sintering temperatures based on the system RO (MgO, BaO) – Al2O3 – SiO2

**Реферат/анотація:**

1. Дисертація спрямована на розробку хімічних і речовинних складів та створення фізико-хімічних основ енергозберігаючої технології виробництва радіопрозорих керамічних матеріалів кордієритового і цельзіанового складу з регульованою мікроструктурою і фазовим складом, які володіють комплексом спеціальних властивостей і використовуються для високоточного ракетного озброєння. Обґрунтовано доцільність використання кордієритових і цельзіанових керамічних матеріалів для виготовлення радіопрозорих виробів високоточного ракетного озброєння. Описано основні методи виготовлення склокристалічних матеріалів та процеси інтенсифікації спікання і зміцнення кераміки. Обґрунтовано вибір складів склозв'язок для надвисокочастотної радіопрозорої кераміки на основі кордієриту і цельзіану. Розроблено склади порівняно легкоплавких стекол (температура варіння не вище 1400°C) в псевдопотрійних системах Li2O – Al2O3 – SiO2, MgO – Al2O3 – SiO2 і BaO – Al2O3 – SiO2 з постійним вмістом B2O3 (10 мас.ч.

понад 100 мас.%) для подальшого використання в якості компонентів при виготовленні щільноспеченої радіопрозорої кераміки кордієритового і цельзіанового складів. Досліджено вплив скла сподуменового складу (LABS) на процеси спікання кордієритових і цельзіанових матеріалів, а також формування кристалічних фаз □-кордієриту і моноклінного цельзіану при знижених температурах. Встановлено, що введення скла сподуменового складу сприяє зниженню температури випалу до 1300–1350°С, одночасно підвищуючи фізико-технічні показники. Тонкодисперсна кристалізація фази □-сподумену з вихідного LABS скла сприяє суттєвому зниженню ТКЛР керамічного матеріалу на основі кордієриту в цілому до (12,4–17,8)·10-7 °С-1, а керамічного матеріалу на основі цельзіану до (23,5–24,8)·10-7 °С-1 і, що забезпечує високу термічну стійкість кераміки до 950°С і 900°С відповідно. Також розроблені матеріали відповідають вимогам щодо діелектричних властивостей для застосування в умовах надвисокочастотного електромагнітного поля. Вивчено особливості перебігу реакцій утворення кордієриту в інваріантних точках системи MgO – Al2O3 – SiO2. Єдиним продуктом реакції компонентів стекол М-1 і М-5 з підшихтовочними компонентами є кордієрит. Встановлено взаємозв'язок фізико-технічних властивостей кордієритової кераміки з технологічними параметрами її виготовлення (температурою випалу, вмістом MABS скла). Визначено найбільш раціональні з точки зору досягнення комплексу високих техніко-експлуатаційних показників речовинні склади кордієритової кераміки, які містять розроблене MABS скло М-1 у кількості 30–35 мас.% і дозволяють проводити її випал при низькій температурі 1300°С. Комплекс високих фізико-технічних показників (нульові значення водопоглинання і відкритої пористості, □ст = 294–314 МПа, □ = 4,3, tg□ = 0,001) дозволяє використовувати розроблену кордієритову кераміку в якості надвисокочастотних радіопрозорих матеріалів для авіаційної та ракетної техніки, зокрема носових антенних обтічників радіокерованих ракет. Для цельзіанової кераміки досліджено умови утворення фази в евтектичних точках системи BaO – Al2O3 – SiO2. Виявлено, що ортосилікат барію найбільш активно взаємодіє з підшихтовочними компонентами для утворення цельзіанової фази. Введення BABS скла в кількості 40–50% дозволяє отримати щільноспечену структуру цельзіанової кераміки при відносно низькій температурі випалу 1400–1450°С. Цельзіанова кераміка володіє термічною стійкістю до 700°С, вогнетривкість до 1580°С і відповідає комплексу вимог, що висуваються до радіопрозорих матеріалів (□ = 5,5; tg□ = (5–6)·10-4) у надвисокочастотному електромагнітному полі 1010 Гц. Запропоновано технологічну схему та зазначено технологічні параметри одержання кордієритової і цельзіанової кераміки для носових антенних обтічників. Надані технологічні рекомендації дозволяють виготовляти вироби з нижчою собівартістю за рахунок зниження температури варіння стекол, які використовуються в якості компонентів розробленої кераміки, зниження температури випалу і скорочення тривалості процесу випалу кераміки, а також сприятиме зменшенню залежності вітчизняних підприємств оборонного комплексу від імпортних комплектуючих матеріалів. Проведено виробничі випробування керамічних матеріалів на Костянтинівському державному науково-виробничому підприємстві «Кварсит» ДК «Укроборонпром». Результати випробувань підтвердили відповідність розробленої кордієритової та цельзіанової кераміки вимогам для застосування в антенних обтічниках радіокерованих ракет.

2. The dissertation is aimed at developing chemical and material compositions and creating the physicochemical foundations of energy-saving technology for producing radio-transparent ceramic materials of cordierite and celsian composition with controlled microstructure and phase composition, which possess a set of special properties and are used for high-precision missile weapons. The expediency of using cordierite and celsian ceramic materials for the production of radio-transparent products for high-precision missile weaponry has been substantiated. The main methods of producing glass-ceramic materials and the processes of intensifying sintering and strengthening ceramics have been described. The choice of glass binders for ultra-high-frequency radio-transparent ceramics based on cordierite and celsian has been substantiated. Compositions of relatively low-melting glasses (melting temperature not higher than 1400°C) have been developed in the pseudo-ternary systems Li2O – Al2O3 – SiO2, MgO – Al2O3 – SiO2 and BaO – Al2O3 – SiO2 with a constant B2O3 content (10 wt. parts over 100 wt. %) for subsequent use as components in the production of densely sintered radio-transparent ceramics of cordierite and celsian compositions. The influence of spodumene glass composition (LABS) on the sintering

processes of cordierite and celsian materials, as well as the formation of crystalline phases of □-cordierite and monoclinic celsian at reduced temperatures, has been investigated. It has been established that the introduction of spodumene glass composition contributes to a decrease in the sintering temperature to 1300-1350°C, while simultaneously increasing the physicotechnical indicators. Fine-grained crystallization of the □-spodumene phase from the initial LABS glass contributes to a significant decrease in the coefficient of linear thermal expansion (CLTE) of the cordierite-based ceramic material as a whole to (12.4-17.8)·10-7 °C-1, and the celsian-based ceramic material to (23.5-24.8)·10-7 °C-1, which ensures high thermal stability of the ceramics up to 950°C and 900°C, respectively. The developed materials also meet the requirements for dielectric properties for use in ultra-high frequency electromagnetic fields. The features of the reactions of cordierite formation at invariant points of the MgO – Al2O3 – SiO2 system have been studied. The only product of the reaction of the components of glasses M-1 and M-5 with sublayer components is cordierite. The correlation between the physical and technical properties of cordierite ceramics and the technological parameters of its production (sintering temperature, content of MABS glass) is established. The most rational compositions of cordierite ceramics, from the viewpoint of achieving a set of high technical and operational characteristics, are determined. These compositions contain the developed MABS glass M-1 in the amount of 30–35 wt.% and allow sintering at a low temperature of 1300°C. The combination of high physical and technical properties (zero water absorption and open porosity, □bd = 294–314 MPa, □ = 4,3, tg□ = 0,001) makes the developed cordierite ceramics suitable for use as ultra-high-frequency radio-transparent materials for aviation and missile technology, particularly for nose antenna fairings of radio-controlled missiles. For celsian ceramics, the conditions for the formation of the phase at the eutectic points of the BaO – Al2O3 – SiO2 system have been studied. It has been found that barium orthosilicate interacts most actively with sublayer components to form the celsian phase. The introduction of BABS glass in an amount of 40-50% allows obtaining a dense sintered structure of celsian ceramics at a relatively low sintering temperature of 1400-1450°C. Celsian ceramics have thermal stability up to 700°C, refractoriness index up to 1580°C, and meets a complex of requirements imposed on radio-transparent materials (□ = 5,5; tg□ = (5–6)·10-4) in an ultra-high frequency electromagnetic field of 1010 Hz. A technological scheme has been proposed and the technological parameters for obtaining cordierite and celsian ceramics for nose antenna fairings have been indicated. The provided technological recommendations allow the production of products at a lower cost due to a decrease in the melting temperature of the glasses used as components of the developed ceramics, a decrease in the sintering temperature and a reduction in the duration of the ceramics sintering process and will also contribute to reducing the dependence of domestic defense industry enterprises on imported component materials. Production tests of ceramic materials were carried out at the Konstantinovsky State Scientific and Production Enterprise "Kvartsit" of the State Concern "Ukroboronprom". The test results confirmed the compliance of the developed cordierite and celsian ceramics with the requirements for use in radome fairings of radio-controlled missiles.

### Державний реєстраційний номер ДіР:

### Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

### Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

### Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

### Публікації:


- Aspects of development and properties of densely sintered of ultra-high-frequency radio-transparent ceramics of cordierite composition / O. Zaichuk, A. Amelina, Y. Kalishenko, Y. Hordieiev, D. Saltykov, N. Sribniak, V. Ivchenko, L. Savchenko // Journal of the Korean Ceramic Society. – 2021. – № 58(4). – P. 483–494. doi.org/10.1007/s43207-021-00125-5

- Ultra-high-frequency radio-transparent ceramics of cordierite composition doped with MgO–Al2O3–B2O3–SiO2 glass: Synthesis, microstructure, thermal and physical properties / A.V. Zaichuk, A.A. Amelina, Y.S. Hordieiev, Y.R. Kalishenko // Open Ceramics. – 2023. – Vol. 15. – 100377. https://doi.org/10.1016/j.oceram.2023.100377
- Ultra-high Frequency Radio-transparent Ceramics Of Celsian Composition Based on BaO–Al2O3–B2O3–SiO2 Glass: Microstructure, Physical And Technical Properties. / A. Zaichuk, A. Amelina, Y. Kalishenko, Y. Hordieiev, L. Rudnieva // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2022. – Vol. 57, № 6. – P. 1183-1194.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** матеріали

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

**Охоронні документи на ОПІВ:**

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

1. Зайчук О.В., Амеліна О.А, Калішенко Ю.Р., Гордєєв Ю.С. Спосіб виготовлення щільноспеченої кераміки кордієритового складу. Пат. 127611 Україна: МПК C03C 10/00, C03C 10/08 (2006.01), C03B 32/02 (2006.01), C04B 35/01 (2006.01), C04B 35/195 (2006.01), C04B 33/28 (2006.01), C04B 35/64 (2006.01), C04B 111/80 (2006.01). № a202103315; заявл. 14.06.2021; опубл. 01.11.2023, Бюл. № 44/2023. 2. Зайчук О.В., Амеліна О.А, Гордєєв Ю.С., Калішенко Ю.Р. Цельзіанова кераміка: пат. 127552 Україна: МПК C03C 10/00, C03C 10/06 (2006.01), C03C 10/12 (2006.01), C04B 35/01 (2006.01), C03B 32/02 (2006.01), C04B 111/80 (2006.01). № a202104660; заявл. 12.08.2021; опубл. 04.10.2023, Бюл. № 40/2023.

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** №ДР 0120U101969, № ДР 0122U200743, № ДР 0123U102006

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Зайчук Олександр Вікторович
2. Oleksandr V. Zaichuk

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.17.11

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-5209-7498

**Додаткова інформація:** ;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=9941340800

**Повне найменування юридичної особи:** Український державний університет науки і технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 44165850

**Місцезнаходження:** вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, 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. Луцюк Ірина Володимирівна

2. Iryna V. Lutsyuk

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.17.11

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0009-0006-1609-2589

**Додаткова інформація:** https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24448533000

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет "Львівська політехніка"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071010

**Місцезнаходження:** вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Саввова Оксана Вікторівна

2. Oksana Savvova

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.17.11

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-6664-2274

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

**Код за ЄДРПОУ:** 02071151

**Місцезнаходження:** вул. Маршала Бажанова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Рижова Ольга Петрівна

2. Olha P. Ryzhova

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.17.11

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0009-0009-1156-6994

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Український державний університет науки і технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 44165850

**Місцезнаходження:** вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Лихолат Ярослава Іванівна

2. Yaroslava Lykholat

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.17.11

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-1111-564X

**Додаткова інформація:** https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57995975500; https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201583731

**Повне найменування юридичної особи:** Український державний університет науки і технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 44165850

**Місцезнаходження:** вул. Лазаряна, буд. 2, Дніпро, Дніпровський р-н., 49010, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

| | |
|---|---|
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради** | Коваленко Ігор Леонідович |
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні** | Коваленко Ігор Леонідович |
| **Відповідальний за підготовку облікових документів** | Калішенко Юлія Русланівна |
| **Реєстратор** | УкрІНТЕІ |
| **Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності** | Юрченко Тетяна Анатоліївна |