

# Облікова картка ДіР



## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0220U104633

**Державний реєстраційний номер:** 0120U100665

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 24-12-2020

## II. Етап виконання ДіР

**Номер етапу:** 1

**Назва етапу:** Розроблення лабораторних адитивних технологій, що об'єднують технології 3D друку, індукційного спікання (IC) та іскро-плазмового спікання (ІПС) для отримання функціональних матеріалів, які задовольняють роботі в екстремальних умовах

**Початок етапу:** 01.2020

**Закінчення етапу:** 12.2020

**Вид звітнього документа:** Проміжний звіт

## III. Відомості про виконавця ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416930

**Місцезнаходження:** вул. Кржижановського, 3, м. Київ, Київська обл., 03142, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380443908751, 380443908757, 380442057901, 380444241524, 380444242271, 380444242131

## IV. Відомості про співвиконавців ДіР

## V. Відомості про замовника ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Національна академія наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 00019270

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, 54, м. Київ, Київська обл., 01030, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Кабінет Міністрів України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380442350981, 380442262341

## VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

**Підстава для проведення ДіР:** 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

**Напрямок фінансування:** 2.1 - фундаментальні дослідження

### Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

**Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК):** 6541230

|                                                          |
|----------------------------------------------------------|
| <b>Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.):</b> 1831.87 |
|----------------------------------------------------------|

## VII. Відомості про ДіР

### Назва роботи українською:

Розробка адитивних технологій та консолідація керамічних нанокompозитів під впливом зовнішніх електромагнітних полів

### Назва роботи англійською:

Development of additive technologies and consolidation of ceramic nanocomposites under the influence of external electromagnetic fields

### Реферат українською:

Визначено вихідний склад шихти для отримання радіопрозорої кераміки на основі  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . Розроблено режими механічної обробки вихідних порошків та режими консолідації в умовах іскроплазмового спікання. Встановлено, що інтенсивна механічна дія і домішка  $\text{Y}_2\text{O}_3$  стимулюють спікання та створюють умови для  $\alpha$ -фазового перетворення. Фазове перетворення проходить швидше у композиційній кераміці  $\text{Si}_3\text{N}_4$  – BN з додаванням  $\text{Y}_2\text{O}_3$ . Встановлено, що у випадку значної кількості  $\text{SiO}_2$  у шихті (до 7%), та його взаємодія з  $\text{Si}_3\text{N}_4$  під час спікання веде до утворення 20 об.%  $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$ , що суттєво стимулює усадку. Визначено стадійність консолідації та запропоновано механізми ущільнення. Встановлено, що додавання BN позитивно впливає на діелектричні властивості матеріалу через зменшення значень діелектричної проникності і діелектричних втрат. При його додаванні закономірно зменшується густина композиту. Вивчено залежності діелектричних властивостей від складу та структури консолідованої кераміки. Досліджено механічні властивості в залежності від складу отриманих композитів та температури випробування на згин. Композит на основі  $\alpha$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  (St) показав міцність 1000 МПа ( $T=20$  °C) та 400 МПа (1400 °C), тріщиностійкість на рівні 5,5 МПа·м<sup>1/2</sup>. Встановлені закономірності синтезу MAX – фази  $\text{Ti}_3\text{SiC}_2$  в системах SiC–Ti та SiC–Ti–C. Досліджено вплив температури на ущільнення та формування механічних характеристик. Максимальна густина досягається при температурі 1520 °C. Питомий опір становить  $2,7 \cdot 10^{-6}$  Ом м. Гаряче пресування сприяє досягненню більш високої густини та механічних властивостей. Твердість досягає 14,4 ГПа, а тріщиностійкість зростає до 10,5 МПа м<sup>1/2</sup> за рахунок зміни фазового складу, що супроводжується розпадом MAX-фази і зростанням фаз карбіду та силіциду титану. Встановлено, що матеріали на основі нанорозмірного порошку твердого розчину вуглецю в SiC з вмістом MAX-фази  $\text{Ti}_3\text{SiC}_2$  від 3 до 50 % мають електропровідність, однак потребують захисної атмосфери або вакууму для досліджень процесів їх кон

### Реферат англійською:

The initial composition of the mixtures for obtaining transparent  $\text{Si}_3\text{N}_4$ -based ceramics has been determined. Modes of mechanical processing of initial powders and modes of consolidation under the spark plasma sintering conditions have been developed. It was established that intense mechanical activation and doping with  $\text{Y}_2\text{O}_3$  stimulate sintering and create conditions of  $\alpha$ -phase transformation. Phase transformation was found to be faster in  $\text{Si}_3\text{N}_4$  – BN composite ceramics doped with  $\text{Y}_2\text{O}_3$ . It was found that in the case of a significant amount of  $\text{SiO}_2$  (up to 7%), and its interaction with  $\text{Si}_3\text{N}_4$  during sintering leads to the formation of 20 vol.%  $\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}$ , which significantly stimulates shrinkage. The stages of consolidation were determined and the mechanisms of compaction been proposed. It was established that the addition of BN decreased the ceramic density, enhanced the dielectric characteristics of the material due to decreasing of both the dielectric constant and dielectric loss. The influence of ceramics structure on the mechanical properties and dielectric characteristics has been studied. The composite based on  $\alpha$ - $\text{Si}_3\text{N}_4$  (St) showed strength 1000 MPa ( $T = 20$  °C) and 400 MPa (1400 °C), fracture toughness of about 5.5 MPa · m<sup>1/2</sup>. The MAX-phase  $\text{Ti}_3\text{SiC}_2$  in SiC–Ti and SiC–Ti–C systems synthesis conditions were established. The influence of temperature on consolidation and formation of mechanical characteristics were studied. The ceramic with maximum density was consolidated at 1520 °C, the specific resistivity was  $2.7 \cdot 10^{-6}$  Ohm m. Hot pressing contributes to a higher density and mechanical properties. The hardness reached 14.4 GPa, and

the fracture toughness increased to 10.5 MPa m<sup>1/2</sup> due to the change of phase composition, which is accompanied with the MAX phase decomposition and the growth of titanium carbide and silicide. It was found that materials based on nanosized powder of solid solution of carbon in SiC with a content of MAX phase Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub> of 3 to 50% showed el

**Індекс УДК:** 621.762.5, 621.002.3;663.016:666.665;663.013:661.571

**Коди тематичних рубрик:** 53.03.11.31, 55.09.35.27

**Керівники роботи**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:** Рагуля Андрій Володимирович

**Науковий ступінь:** д. т. н.

**Вчене звання:** член-кор.

**Ідентифікатор ORCID ID:**

**Додаткова інформація:**

## **VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)**

**Назва НТП українською:** дослідні зразки для механічних та радіотехнічних вимірювань

**Назва НТП англійською:** spesiments for testing of mechanical and dielectric characteristics

**НТП, яку передбачалося створити:**

**Причини, через які НТП не було створено:**

**Отримані результати:** Матеріали

**Галузь застосування:** М.72.19. – Дослідження й експериментальні розробки у сфері інших природничих і технічних наук

**Реєстраційний номер картки технології:**

**Опис НТП:** отримано композиційну кераміку Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> з міцністю на згин 1000 МПа (T=20 C) та 400 МПа (1400 C), тріщиностійкістю на рівні 5,5 МПа·м<sup>1/2</sup>. Діелектрична проникність кераміки складає 3,8, тангенс діелектричних втрат <0,001.

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

**Вплив НТП на довкілля:**

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Практична реалізація НТП**

**Початок етапу:** 01.2020

**Закінчення етапу:** 12.2020

**Споживачі продукції:**

**Перспективні ринки:**

**Характер співробітництва з інвестором**

**Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:**

**Права, що надаються інвестору після завершення роботи:** Права не надаються

**Наявність бізнес-плану:** Ні

**Техніко-економічне обґрунтування:** Ні

**Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:**

**Очікуваний термін окупності (років):**

**Додаткова інформація:**

## **IX. Бібліографічний опис**

## **Х. Заключні відомості**

### **Керівник юридичної особи**

Солонін Юрій Михайлович

д. ф.-м. н., 01.04.07

### **Перелік осіб-виконавців**

Іванченко Сергій Едуардович

Іценко Анатолій Іванович

(к. т. н.)

Барановський Дмитро Іванович

Бондаренко Сергій Олексійович

Бородянська Ганна Юліївна

(к. ф.-м. н., 01.04.07)

Гавриш Анатолій Опанасович

Гадзира Микола Пилипович

(д.т.н., 05.02.01)

Галямін Володимир Борисович

Давидчук Надія Костянтинівна

(к. т. н.)

Дерій Андрій Іванович

Дьоміхіна Наталія Владиславівна

Загорний Максим Микитович

(к. х. н.)

Загорний Максим Микитович

(к. х. н.)

Замула Марина Валеріївна

Коваленко Ольга Анатоліївна

Ковальчук Володимир Васильович

(к. х. н.)

Козак Світлана Іванівна

Колесніченко Валерій Григорович

Корнієнко Оксана Анатоліївна

(к. х. н.)

Короп Сергій Миколайович

Коряк Оксана Станіславівна

Кравчук Карина Леонідівна

Кузьменко Людмила Миколаївна

Кутрань Тамара Миколаївна

Кушнір Владислав Володимирович

Лажевський Віктор Опанасович

Лобунець Тетяна Федорівна

Макогон Віктор Анатолійович

Манакіна Діана Михайлівна

Пацуй Віктор Іванович

Петровський Віталій Ярославович  
(д. т. н., 05.16.06)

Петухов Олександр Сергійович  
(к. ф.-м. н.)

Позній Анатолій Павлович

Похилько Богдан Анатолійович

Пінчук Микита Олександрович

Рагуля Андрій Володимирович  
(д.т.н., 05.16.06)

Семенюк Наталія Григорівна

Степаненко Артур Валентинович  
(к. т. н.)

Теплюк Олена Вікторівна

Тимошенко Ярослав Григорович

Тищенко Надія Іванівна

Томила Тамара Василівна  
(к. ф.-м. н.)

Тулінова Алла Станіславівна

Умерова Сайде Олександрівна  
(к. т. н.)

Фатов Ігор Іванович

Широков Олександр Володимирович

Шульженко Володимир Якович

Юрченко Юрій Васильович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

**Телефон**

**Реєстратор**

Бородянська Ганна Юліївна

+38 (067) 233-22-82

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

