

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U004379

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-08-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/66/26 від 21.09.2026



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Терешков Михаїл Володимирович

2. Mykhail V. Tereshkov

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0239-7702

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: 01-09-2026

Спеціальність за освітою: Хімічні технології та інженерія

Місце роботи здобувача: 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

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 16309

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: 61.31.51

Тема дисертації:

1. Синтез чутливих шарів на основі ZnO методом полімерних прекурсорів та їх властивості
2. Synthesis of sensitive layers based on ZnO via the polymer precursors method and their properties

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена одержанню чутливих шарів на основі цинк (II) оксиду, а також композиту на основі цинк (II) оксиду та стануму (IV) оксиду, цинк (II) оксиду модифікованого платиною та цинк (II) оксиду допованого алюмінієм, дослідженню їх фізико-хімічних, електричних властивостей і чутливості до газів NO₂, H₂, CO, SO₂ під дією ультрафіолетового випромінювання за кімнатної температури. Для синтезу усіх порошків та чутливих шарів використовувався метод полімерних прекурсорів. Розглянуто процес термічного розкладу полімерних прекурсорів за допомогою термогравіметрії, а також вплив використання нітратної та хлоридної кислот в складі полімерних прекурсорів на процес термічного їх розкладання, встановлено фазовий склад та оптичні властивості синтезованих таким чином порошків і проаналізовано морфологію поверхні чутливих шарів. Проведено дослідження щодо їх електричних характеристик при постійній та змінній напрузі, фоточутливості та газової чутливості до NO₂, H₂, CO, SO₂. Було встановлено, що

температура повного розкладання полімерних прекурсорів становить 520°C для зразків на основі цинк (II) оксиду, а також цинк (II) оксиду модифікованого платиною та цинк (II) оксиду допованого алюмінієм, та 650°C для композиту на основі цинк (II) оксиду та стануму (IV) оксиду. Обрана температура синтезу становила 400°C з подовженим часом нагрівання для збереження функціональності металічних електродів. Рентгенофазовий і рентгеноструктурний аналіз показав формування кристалічної фази гексагонального вюрциту (цинкіту) у всіх зразках. Композит зі станум (IV) оксидом продемонстрував значно обмежений ріст кристалів з найменшими розмірами кристалітів (10,9 нм ZnO та 5,7 нм SnO₂) в порівнянні з рештою зразків, для яких розмір кристалітів знаходився в діапазоні 35,3-45,3 нм. Вимірювання спектрів відбиття в УФ- та видимому спектрі дозволило розрахувати оптичну ширину забороненої зони, яка для зразків на основі немодифікованого цинк (II) оксиду, а також зразку модифікованому платиною знаходились в діапазоні 3,26-3,28 еВ, а допування цинк (II) оксиду алюмінієм призвело до зменшення ширини забороненої зони до 3,24 еВ. Композит на основі цинк (II) оксиду та станум (IV) оксиду продемонстрував значне розширення забороненої зони до 3,97 еВ, що пов'язано з більшою шириною забороненої зони станум (IV) оксиду та найменшим розміром його кристалітів. За допомогою скануючої електронної мікроскопії визначено, що синтезовані методом полімерних прекурсорів чутливі шари мали товщину 800-900 нм. Порівняння зразків, синтезованих з використанням нітратної та хлоридної кислот показало, що використання нітратної кислоти призводить до значного розтріскування шарів цинк (II) оксиду, а використання хлоридної кислоти призводить до формування більш однорідних плівок та утворення частинок цинк (II) оксиду з розмірами до 100 нм на поверхні синтезованих чутливих шарів внаслідок часткового порушення механізму хелатування іонів цинку. Хроноамперометрія при УФ-опроміненні з довжиною хвилі 270 нм показала, що композит цинк (II) оксиду та станум (IV) оксиду та цинк (II) оксид допований алюмінієм демонструють значно вищу фоточутливість порівняно з немодифікованим цинк (II) оксидом. Спектральна чутливість становила 42,699 мА/Вт та 50,053 мА/Вт для зразків з станумом (IV) оксидом та алюмінієм відповідно, проти 0,576 мА/Вт для немодифікованого цинк (II) оксиду. Вимірювання за допомогою електрохімічної імпедансної спектроскопії в темряві та за умов УФ-опромінення підтвердили запропоновані у роботі механізми фоточутливості. Визначено, що всі модифіковані чутливі шари продемонстрували переважну селективність до NO₂ порівняно з іншими газами (H₂, CO та SO₂), з коефіцієнтами селективності 1462,7 для зразка, модифікованого платиною та 1647,5 для зразка, допованого алюмінієм. Для всіх зразків, крім немодифікованого ZnO, спостерігалася аномальна реакція на CO, що полягала у падінні струму замість очікуваного зростання. Зразок, модифікований платиною виявився найбільш чутливим загалом до всіх чотирьох газів (зокрема, чутливість 2,94·10⁻² ppm⁻¹ для NO₂ та 2,01·10⁻⁵ до H₂) за рахунок механізмів електронної та хімічної сенсibiliзації. Композит цинк (II) оксиду та станум (IV) оксиду показав підвищену чутливість до NO₂ у порівнянні з немодифікованим ZnO, але мав високі рівні електронного шуму, що призвело до найгірших значень LOD серед модифікованих зразків. Зразок, допований алюмінієм, продемонстрував високі значення чутливості та селективності до всіх газів, близькі до зразка з платиною, досягнувши найнижчих меж виявлення: 1,6 ppm для NO₂, 83,4 ppm для CO та 28,7 ppm для SO₂, що з економічної точки зору робить його найкращим кандидатом для створення газових сенсорів на його основі.

2. The dissertation work is devoted to the preparation of sensitive layers based on zinc (II) oxide, as well as a composite based on zinc (II) oxide and tin (IV) oxide, zinc (II) oxide modified with platinum and zinc (II) oxide doped with aluminum, the study of their physicochemical, electrical properties and sensitivity to NO₂, H₂, CO, SO₂ gases under the influence of ultraviolet radiation at room temperature. The polymer precursor method was used to synthesize all powders and sensitive layers. The process of thermal decomposition of polymer precursors using thermogravimetry was considered, as well as the effect of the use of nitric and hydrochloric acids in the composition of polymer precursors on the process of their thermal decomposition; the phase composition and optical properties of the powders synthesized in this way were established, and the surface morphology of the sensitive layers was analyzed. Their electrical characteristics under constant and alternating voltage, photosensitivity, and gas sensitivity to NO₂, H₂, CO, and SO₂ were studied. It was found that the temperature of complete decomposition of polymer precursors is 520°C for samples based on zinc (II) oxide, as well as zinc (II)

oxide modified with platinum and zinc (II) oxide doped with aluminum, and 650°C for a composite based on zinc (II) oxide and tin (IV) oxide. The chosen synthesis temperature was 400°C with an extended heating time to preserve the functionality of the metal electrodes. X-ray phase and X-ray structural analysis showed the formation of a crystalline phase of hexagonal wurtzite (zincite) in all samples. The composite with stannous (IV) oxide demonstrated significantly limited crystal growth with the smallest crystallite sizes (10.9 nm ZnO and 5.7 nm SnO₂) compared to the rest of the samples, for which the crystallite size was in the range of 35.3–45.3 nm. Measurement of the reflection spectra in the UV and visible spectrum allowed us to calculate the optical band gap, which for samples based on unmodified zinc (II) oxide, as well as the sample modified with platinum, was in the range of 3.26–3.28 eV, and doping zinc (II) oxide with aluminum led to a decrease in the band gap to 3.24 eV. The composite based on zinc (II) oxide and tin (IV) oxide demonstrated a significant broadening of the band gap to 3.97 eV, which is associated with the larger band gap width of tin (IV) oxide and the smallest size of its crystallites. Using scanning electron microscopy, it was determined that the sensitive layers synthesized by the polymer precursor method had a thickness of 800–900 nm. A comparison of samples synthesized using nitric and hydrochloric acids showed that the use of nitric acid leads to significant cracking of zinc (II) oxide layers, and the use of hydrochloric acid leads to the formation of more homogeneous films and the formation of zinc (II) oxide particles with sizes up to 100 nm on the surface of the synthesized sensitive layers due to partial disruption of the zinc ion chelation mechanism. Chronoamperometry under UV irradiation at a wavelength of 270 nm showed that the composite of zinc (II) oxide and tin (IV) oxide and zinc (II) oxide doped with aluminum exhibit significantly higher photosensitivity compared to unmodified zinc (II) oxide. The spectral sensitivity was 42.699 mA/W and 50.053 mA/W for the samples with tin (IV) oxide and aluminum, respectively, versus 0.576 mA/W for unmodified zinc (II) oxide. Measurements using electrochemical impedance spectroscopy in the dark and under UV irradiation conditions confirmed the proposed mechanisms of photosensitivity. It was determined that all modified sensing layers demonstrated superior selectivity to NO₂ over other gases (H₂, CO, and SO₂), with selectivity coefficients of 1462.7 for the platinum-modified sample and 1647.5 for the aluminum-doped sample. For all samples except unmodified ZnO, an anomalous response to CO was observed, consisting of a current drop instead of the expected increase. The platinum-modified sample was the most sensitive overall to all four gases (in particular, a sensitivity of 2.94·10⁻² ppm⁻¹ for NO₂ and 2.01·10⁻⁵ to H₂) due to electronic and chemical sensitization mechanisms. The composite of zinc(II) oxide and tin(IV) oxide showed increased sensitivity to NO₂ compared to unmodified ZnO, but had high levels of electronic noise, which resulted in the worst LOD values among the modified samples. The aluminum-doped sample demonstrated high sensitivity and selectivity values for all gases, close to the platinum sample, reaching the lowest detection limits: 1.6 ppm for NO₂, 83.4 ppm for CO, and 28.7 ppm for SO₂, which, from an economic point of view, makes it the best candidate for creating gas sensors based on it.

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:

- Nahirniak, S., Dontsova, T., Lapinsky, V., Tereshkov, M., Singh, R. Soil and soil breathing remote monitoring: A short review. *Biosystems Diversity*, 2020, 28 (4), pp. 350–356. doi.org/10.15421/012044.
- Dontsova, T., Nahirniak, S., Linyucheva, O., Tereshkov, M., Mahajan, A., Singh, R. Physicochemical properties of Tin (IV) oxide synthesized by different methods and from different precursors. *Appl Nanosci*, 2022, 12, 1155–1168. doi.org/10.1007/s13204-021-01775-x
- Tereshkov, M., Dontsova, T., Yanushevska, O. et al. Solution composition and temperature impact on physicochemical properties of synthesized zinc oxide. *Appl Nanosci*, 2022, 12, 2523–2532.

doi.org/10.1007/s13204-022-02558-8.

- Tereshkov, M., Dontsova, T., Saruhan, B., Krüger, S. Metal Oxide-Based Sensors for Ecological Monitoring: Progress and Perspectives. Chemosensors, 2024, 12, p. 42. doi.org/10.3390/chemosensors12030042
- Терешков, М.В., Донцова, Т.А., Нагірняк, С.В. Екологічний моніторинг земель та ґрунтів. Зелене будівництво: Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв: Видавець Торубара В.В., 2019. – 228 с.
https://www.researchgate.net/publication/374413155_Zelene_budivnictvo_Materiali_I_Miznarodnoi_naukovo-prakticnoi_konferencii
- Терешков, М.В., Донцова, Т.А., Янушевська, О.І. Вольт-амперні характеристики шарів оксиду цинку, одержані методом полімерного прекурсору. X Ювілейна Міжнародна науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених «Хімія та сучасні технології» / тези доповідей, 23–24 листопада. – У 6-и томах. – Т. I. – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ. – 2021. – 138 с. <https://udhtu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/tom-1-maket.pdf>
- Tereshkov, M., Dontsova, T. Synthesis of Au-doped ZnO via polymer precursor method. 11th International Conference “Nanotechnology and nanomaterials” (NANO-2023). <https://nano-conference.iop.kiev.ua/en/>
- Tereshkov, M., Dontsova, T. Room-temperature ZnO gas sensor via polymeric precursor method. 12th International Conference “Nanotechnology and nanomaterials” (NANO-2024). <https://nano-conference.iop.kiev.ua/en/>

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

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; поліпшення стану навколишнього середовища

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Донцова Тетяна Анатоліївна

2. Tetiana A. Dontsova

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.17.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8189-8665

Додаткова інформація: Scopus Autor ID: 55275917100; Google Scholar:

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=rebKXsYAAAAJ>

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. Кукла Олександр Леонідович
2. Oleksandr L. Kukla

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0261-982X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова
Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

Місцезнаходження: проспект Науки, Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хоменко Володимир Григорович
2. Volodymyr G. Khomenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.17.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0013-8010

Додаткова інформація:

;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004402598;https://orcid.org/0000-0003-0013-8010;https://scholar.google.com.ua/citations?user=vBRqePMAAAAJ&hl=ru

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет технологій та дизайну

Код за ЄДРПОУ: 02070890

Місцезнаходження: вул. Мала Шияновська, Київ, 01011, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Миронюк Олексій Володимирович

2. Oleksii V. Myroniuk

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.17.11

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0499-9491

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com/citations?user=HUmYB3kAAAAJ&hl=ru>

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

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Косогін Олексій Володимирович

2. Oleksii V. Kosohin

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.17.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8379-9580

Додаткова інформація:

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**

Сокольський Георгій Володимирович

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

Сокольський Георгій Володимирович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Терешков Михаїл Володимирович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна