# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0825U001613

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 09-05-2025

**Статус:** Запланована

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**

## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ліневич Ярослав Олексійович
2. Yaroslav O. Linevyvh

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCHID ID:** Не застосовується

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 153

**Назва наукової спеціальності:** Автоматизація та приладобудування. Мікро- та наносистемна техніка

**Галузь / галузі знань:**

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Мікро-та наносистемна техніка

**Дата захисту:**

**Спеціальність за освітою:** 153 Мікро-та наносистемна техніка

**Місце роботи здобувача:**

**Код за ЄДРПОУ:**

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:**

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Не застосовується

## III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 8752

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Університетський

## 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, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Університетський

## V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 47.59.29, 47.59.33, 47.09, 47.09.29

### Тема дисертації:

1. Нанорозмірні кремнієві одновимірні структури для сенсорів фізичних та хімічних величин
2. One-dimensional silicon nanostructures for physical and chemical sensors

### Реферат:

1. Науково-прикладні дослідження, висвітлені в дисертаційній роботі, зосереджені на практичному дослідженні впливу технологічних параметрів створення масиву КНН на статичні та динамічні параметри сенсорів на його основі. У сучасних науково-технічних дослідженнях сенсорів фізичних та хімічних величин все більшого поширення набувають нанорозмірні кремнієві одновимірні структури. Вони мають унікальні властивості, такі як високе аспектне співвідношення сторін та велика питома поверхня, що дозволяє значно підвищити чутливість сенсорів. Одновимірні структури з кремнію знаходять застосування у різних галузях, зокрема, в медицині, екологічному моніторингу, харчовій промисловості та у побуті. Їх використання

дозволяє створювати високочутливі сенсори для вимірювання температури, освітлення, вологості, а також виявлення різних газів і хімічних речовин (ЛОС). Кремнієві нанонитки, що є основою таких сенсорів, можуть бути виготовлені за допомогою різних методів, зокрема хімічного осадження з парової фази (CVD), хімічного травлення (МСХТ) та літографії. У роботі досліджено властивості КНН, отриманих з використанням методу МСХТ. Зокрема, проведено порівняльний аналіз впливу різних технологічних параметрів створення КНН (тривалість першої та другої стадії МСХТ, а також вміст розчинів) та типу модифікації на статичні та динамічні параметри сенсорів фізичних і хімічних величин. Актуальність дисертаційного дослідження обумовлена потребою у визначенні параметрів створення кремнієвих 1D структур для створення різних сенсорів фізичних і хімічних величин, а також вдосконалення їх шляхом поверхневої модифікації для покращення стабільності, чутливості, швидкодії та селективності. У першому розділі був наведений літературний огляд технології створення, матеріалів та конструкцій сенсорів на основі нанорозмірних кремнієвих 1D структур для сенсорів хімічних та фізичних величин. Було встановлено, що сенсори на основі КНН мають високу чутливість та адсорбційні властивості завдяки унікальним електронним властивостям та розвинутій поверхневій структурі, що забезпечує точне виявлення різних хімічних і біологічних сполук. Також до переваг сенсорів на основі КНН слід віднести кімнатні робочі температури та сумісність з ІС, а завдяки їх мініатюрним розмірам, ці сенсори можуть бути використані в різних сферах, включаючи моніторинг забруднювачів повітря, води та медичну діагностику. Однак огляд літератури виявив декілька основних проблем таких сенсорів. По-перше, сенсори на основі КНН часто мають обмежену стабільність за різних умов експлуатації, що може впливати на точність вимірювань. По-друге, таким приладам є властивим порівняно великі часи відгуку та відновлення, що визначають низьку швидкодію сенсора. По-третє, довговічність таких сенсорів потребує додаткових досліджень, оскільки кремній має властивість окислюватися з часом. Для подолання цих проблем в даній роботі запропоновано кілька перспективних підходів для вирішення виявлених проблем: дослідження та вдосконалення технологічних параметрів створення масиву КНН та використання різних видів поверхневої модифікація масиву КНН, що може підвищити швидкодію, стабільність та чутливість таких сенсорів. У другому розділі описано виготовлення чутливих структур на основі масиву КНН для сенсорів фізичних та хімічних величин з планарною геометрією контактів (резистивного/ємнісного типу) та наведено вплив параметрів створення КНН на їх поверхневу морфологію, а також статичні параметри (відгук та чутливість) та динамічні параметри (час відгуку та час відновлення) сенсорів на їх основі. Показано, що додавання одновимірних кремнієвих наноструктур до складу сенсорів фізичних величин значно покращило їх чутливість та швидкодію. Зокрема було встановлено, що збільшення питомого опору підкладки сенсорів призводить до значного погіршення відгуку для сенсорів температури і освітленості, але до покращення в сенсорах вологості та ЛОС. Додаткова обробка перед операцією МСХТ (текстурування) покращило відгук для сенсорів освітленості, але для сенсорів температури, вологості та ЛОС погіршило відгук. Збільшення часу осадження AgNPs призвело до погіршення відгуку для всіх сенсорів. Значне збільшення часу травлення кремнію призводить в сенсорах температури і освітленості до погіршення відгуку, але в сенсорах вологості та ЛОС навпаки до покращення. Збільшення вмісту H2O2 в розчині до 0,8-1 мл призводить до покращення відгуку всіх сенсорів

2. The work is devoted to the study of an array of silicon nanowires (SiNWs) and its modifications for use in sensors of physical and chemical quantities. The scientific and applied research presented in this thesis focuses on the practical study of the influence of technological parameters of SiNWs array creation on the static and dynamic parameters of sensors based on it. Nanoscale silicon one-dimensional structures are becoming increasingly common in modern scientific and technical research into physical and chemical sensors. They have unique properties, such as high aspect ratio and large specific surface area, which can significantly increase the sensitivity of sensors. One-dimensional structures made from silicon are used in various fields, including medicine, environmental monitoring, food industry, and everyday life. Their use makes it possible to create highly sensitive sensors for measuring of temperature, light, humidity, and detecting of various gases and chemicals (VOCs). Silicon nanowires, which are the basis of such sensors, can be fabricated using various methods, including chemical vapor deposition (CVD), chemical etching (MACE), and lithography. In this work, we investigate the properties of SiNWs

obtained using the MACE method. In particular, a comparative analysis of the effect of various technological parameters of SiNWs synthesis (duration of the first and second stages of MACE, as well as the content of solutions) and the type of modification on the static and dynamic parameters of sensors to various physical and chemical quantities was carried out. The relevance and novelty of the dissertation research is due to the need to determine the optimal parameters for the synthesis of silicon 1D structures to create various sensors of physical and chemical quantities, as well as to improve stability, sensitivity, performance and selectivity by means of their surface modification. In the first chapter, we investigated the technologies, materials, and designs of sensors based on nanoscale silicon 1D structures for sensing chemical and physical quantities. It was found that sensors based on SiNWs have high sensitivity and adsorption properties due to their unique electronic properties and developed surface structure, which ensures accurate detection of various chemical and biological compounds. Other advantages of SiNW-based sensors include room temperature operation and compatibility with ICs, and due to their miniature size, these sensors can be used in various fields, including air and water pollutant monitoring and medical diagnostics. However, a review of the literature revealed several major problems with such sensors. First, SiNW-based sensors often have limited stability under different operating conditions, which can affect the accuracy of measurements. Secondly, such devices are characterized by relatively long response and recovery times, which determine the low speed of the sensor. Third, the durability of such sensors requires additional research, as silicon tends to oxidize over time. To overcome these problems, this paper proposes several promising approaches: improvement of the technological parameters of SiNWs array synthesis and the use of various types of their surface modification, which can improve the performance, stability, and sensitivity of such sensors. In the second chapter, it was described the fabrication of sensitive structures based on an array of SiNWs for physical and chemical sensors with planar contact geometry (resistive/capacitive type) and showed the effect of SiNWs fabrication parameters on their surface morphology, as well as static parameters (response and sensitivity) and dynamic parameters (response time and recovery time) of sensors based on them. It has been shown that the addition of one-dimensional silicon nanostructures to the composition of physical quantity sensors has significantly improved their sensitivity and performance. In particular, it was found that an increase in the resistivity of the device substrate leads to a significant deterioration in the response for temperature and light sensors, but to an improvement in humidity and VOC sensors. Additional treatment before the MACE operation (texturing) improved the response for light sensors, but worsened the response for temperature, humidity, and VOC sensors. Increasing the time of AgNPs deposition resulted in a deterioration of the response for all sensors. A significant increase in the time of silicon etching leads to a deterioration in the response of temperat

**Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

**Підсумки дослідження:** Новий напрямок у науці і техніці

**Публікації:**


- Я.О. Ліневич, В.М. Коваль. “Сенсори на основі нанорозмірних кремнієвих 1D структур для промислового, екологічного та медичного моніторингу,” Мікросистеми, Електроніка та Акустика, Т.27, №2, сс. 264376-1-264376-28, Серп. 2022. https://doi.org/10.20535/2523-4455.mea.264376 .
- Я.О. Ліневич, В.М. Коваль, М.Г. Душейко, М.О Лакида “Сенсори температури на основі кремнієвих нанониток, одержаних методом металостимульованого хімічного травлення,” Перспективні технології та прилади, №21, с. 137-145, Лютий 2023. https://doi.org/10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2022-21-21.

- Y. Linevych, V. Koval, M. Dusheiko and M. Lakyda, “Influence of Surface Morphology of Silicon Nanowire Array on Their Humidity-Sensitive Characteristics,” Radioelectron.Commun.Syst, vol. 66, pp. 422–431 August 2023. https://doi.org/10.3103/S0735272723110018
- Я. Ліневич, В. Коваль, М. Душейко, В. Сачевнік, і М. Лакида, “Дослідження впливу параметрів синтезу кремнієвих нанониток на характеристики фоточутливих сенсорів”, Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування, вип. 66(2), с. 52–59, Груд 2023. https://doi.org/10.20535/1970.66(2).2023.294961.
- Y. Linevych, V. Koval, M. Dusheiko and M. Lakyda, “Humidity Diode Sensors Based on 1D Nanosized Silicon Structures,” Sci. innov., vol. 20, no. 3, pp. 67–81, May 2024. https://doi.org/10.15407/scine20.03.067.
- Ya. Linevych, V. Koval, M. Dusheiko, M. Lakyda, Y. Yasiievych, and S. Maliuta. "Silicon 1D Structures for Resistive and Diode Temperature Sensors," Nanosistemi, Nanomateriali, Nanotehnologii, vol. 22, № 2, pp. 335–351, July 2024. https://doi.org/10.15407/nnn.22.02.335.
- Ya. Linevych, V. Koval, M. Dusheiko, M. Lakyda. " Application of Silicon Nanowires in Sensors of Temperature, Light And Humidity", Materials Science in Semiconductor Processing, vol. 184, p. 108773. December 2024. https://doi.org/10.15407/nnn.22.02.335.
- Ya. Linevych, V. Koval, M. Dusheiko, M. Lakyda, N. Kavraska. “Odor Sensors Based on Silicon Nanowires with a Modified Surface for Electronic Nose Application”, IEEE Sensors Letters, pp. 1-4. December 2024. https://doi.org/10.1109/LSENS.2024.3509996.
- В. Лапшуда, Я. Ліневич, О. Ященко, А. Гондовська “Резистивні сенсори вологи на основі наноцелюлози,” Міжнародна конференція студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЕВРИКА–2021, 18-20 травня, Львів, Україна, ст.52.
- Ya. Linevych, V. Koval, M. Dusheiko, Y.Yakymenko, M. Lakyda and V. Barbash, “Silicon Diode Structures Based on Nanowires for Temperature Sensing Application”, 41th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2022. – Kyiv, Ukraine. pp.190-195. https:// 10.1109/ELNANO54667.2022.9927122.
- Ya. Linevych, V. Koval, M. Dusheiko, Y. Yakymenko, M. Lakyda. “1D Silicon Nanostructures for Detection of Volatile Organic Compounds”, 42th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2024. – Kyiv, Ukraine. pp.98- 102. 10.1109/ELNANO63394.2024.10756859.
- A. Naidonov, V. Koval, V. Barbash, M. Dusheiko, O. Yashchenko and Y. Linevych. “Disposable Bend Sensors Based on Nanocellulose Composites for Muscle Activity Monitoring,” 42th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 2024. – Kyiv, Ukraine. pp. 270 – 275. 10.1109/ELNANO63394.2024.10756892.
- Я.О. Ліневич, В.М. Коваль, М.Г. Душейко, М.О. Лакида. “Синтез та дослідження кремнієвих 1D нанорозмірних структур для застосування в сенсорах освітленості,” Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки, Т.33, №4, с.327-337, Черв. 2022. DOI https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.4/50.
- В. А. Лапшуда, Я. О. Ліневич, М. Г. Душейко, В. М. Коваль, і В. А. Барбаш, “Резистивні сенсори вологи на основі плівок наноцелюлози для біорозкладної електроніки,” ТКЕА, №. 4-6, С. 3-9. 2022. https://doi.org 10.15222/TKEA2022.4-6.03.
- В. А. Лапшуда, Я. О. Ліневич, М. Г. Душейко, В. М. Коваль, В. А. Барбаш, “Ємнісні сенсори вологи на основі плівок наноцелюлози для біорозкладної електроніки,” Мікросистеми, Електроніка та Акустика, Т.27(1), с.255990-1. Квітень 2022. https://doi.org/10.20535/2523-4455.mea.255990.
- А. Найдьонов, В. Коваль, М. Душейко, А. Барбаш, Я. Ліневич. “Аналіз формування тонких металевих плівок на поверхні біо- та штучних полімерів для сенсорів вигину,” Перспективні технології та прилади, ЛНТУ, Том 1, № 24, квітень 2024, https://doi.org/10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2024-24-12.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** пристрої; технології; матеріали

**Соціально-економічна спрямованість:** економія матеріалів; зменшення зносу обладнання; поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впровадження не планується

**Зв'язок з науковими темами:** 0123U105274

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

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Коваль Вікторія Михайлівна
2. Viktoriia M. Koval

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.27.01

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0002-3898-916

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Університетський

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Смертенко Петро Семенович
2. Petro S. Smertenko

**Кваліфікація:** к.ф.-м.н., с.н.с., 01.04.10

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0001-8793-302X

**Додаткова інформація:**

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

**Код за ЄДРПОУ:** 05416952

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 41, Київ, 03028, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Академічний

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Дмитрук Ігор Миколайович

2. Igor M. Dmitruk

**Кваліфікація:** д.ф.-м.н., професор, 01.04.05

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0001-9482-8746

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**Код за ЄДРПОУ:** 02070944

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Університетський

**Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Діденко Юрій Вікторович

2. Yurii V. Didenko

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.27.01

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0001-7305-8519

**Додаткова інформація:** ;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54891608300

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Університетський

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Заворотній Віктор Федорович

2. Victor F. Zavorotnyi

**Кваліфікація:** к. ф.-м. н., 01.04.07

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0002-2240-1724

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

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

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Сектор науки:** Університетський

## VIII. Заключні відомості

| | |
|---|---|
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради** | Мачулянський Олександр Вікторович |
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні** | Мачулянський Олександр Вікторович |
| **Відповідальний за підготовку облікових документів** | Ліневич Ярослав Олексійович |
| **Реєстратор** | УкрІНТЕІ |

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

Юрченко Тетяна Анатоліївна