

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U001052

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 15-04-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Новіков Денис Олександрович

2. Denys O. Novikov

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5160-7214

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: Мікро- та наносистемна техніка

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): PhD 12954

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: 47.13.11, 47.33.33, 47.09.29, 59.41.33

Тема дисертації:

1. Оптикоелектронна пірометрична система діагностики параметрів епітаксійних шарів зі змінною емісійною здатністю
2. Optoelectronic pyrometric system for diagnostic of epitaxial layer parameters with variable emissivity

Реферат:

1. Технологія газозфазної епітаксії з металоорганічних сполук (ГФЕ МОС) на даний момент є найбільш комерційно масштабованим методом епітаксійного нарощування широкого спектру матеріалів на основі твердих розчинів АІІІ-ВV для отримання якісних приладових гетероепітаксійних структур. Хімічна кінетика епітаксійного нарощування є надзвичайно температурозалежною, тому в процесі формування напівпровідникових структур необхідним є in-situ контроль параметрів зростаючих епітаксійних шарів. Застосування in-situ методів, заснованих на взаємодії електронів чи іонів з поверхнею, є неможливим для ГФЕ МОС через відсутність глибокого вакууму в ростовій камері та наявності потоку газу-носія. Тому, оптимізація та вдосконалення методів, що направлені на покращення параметрів оптикоелектронних пірометричних систем для контролю процесу газозфазної епітаксії з металоорганічних сполук є надзвичайно

актуальним напрямом у розвитку технологій епітаксії. Дисертаційна робота присвячена розробці та дослідженню оптоелектронної пірометричної системи для прецизійного вимірювання температури, товщини зростаючого шару та динаміки зародження кластерів епітаксійних шарів, отриманих методом ГФЕ МОС. Метою роботи є розробка оптоелектронної системи пірометра-рефлектометра для діагностики параметрів поверхні напівпровідникових шарів АІІІ-ВV та дослідження її характеристик в умовах динамічної зміни коефіцієнта випромінювання в процесі росту. Предметом дослідження є методи і засоби підвищення точності пірометричного контролю параметрів епітаксійних шарів зі змінною емісійною здатністю. Наукова новизна полягає у встановленні аналітичних залежностей похибки визначення параметрів епітаксійних шарів від характеристик оптоелектронних компонент пірометричної оптоелектронної системи. Розроблено та виготовлено р+-п фотодіодну структуру для застосування в прецизійних радіо- та фотометричних вимірюваннях. Встановлено взаємозв'язок між характеристиками (FWHM, коефіцієнти форми та пропускання) вузькосмугових оптичних фільтрів та точністю визначення параметрів епітаксійних шарів. Запропоновано інтерференційну структуру з меншою кількістю шарів, що покращило надійність та стабільність оптичних параметрів пірометричної системи та забезпечило мінімальну похибку вимірювань. Встановлено, що фізико-хімічна деградація шарів інтерференційної структури призводить до збільшення FWHM більше, ніж в 2 рази, з одночасним зміщенням центральної довжини хвилі. Це спричиняє збільшення похибки визначення температури та значно зменшує діапазон температури вимірювання епітаксійного шару. Встановлено апроксимаційні залежності потужності оптичного сигналу оптоелектронної пірометричної системи від температури процесу, що дозволяють розширити нижній температурний діапазон вимірювань. Розбіжність розрахункових теоретичних та експериментальних результатів становить менше 2%. Результати досліджень проведених в даній дисертаційній роботі є базовими для проектування прецизійних систем діагностики параметрів процесів епітаксії, що забезпечує мінімізацію похибок вимірювання параметрів епітаксійних шарів зі змінною емісійною здатністю. Визначено аналітичні залежності параметрів оптоелектронних компонентів від точності визначення пірометричних оптичних сигналів. Представлені залежності можуть бути використані для розробки прецизійних радіо- та фотометричних систем для вимірювання оптичної потужності об'єктів зі змінною випромінювальною здатністю у вузькому спектральному діапазоні. Розроблені напівпровідникові AlGaAs/GaAs світлодіодні гетероструктури можуть бути використані в якості ІЧ джерела випромінювання для розробки оптичних систем колімації з мінімальним кутом розходження променів. Розроблені напівпровідникові фотоструктури можуть бути використані для розробки кремнієвих фотодіодів для прецизійних радіо- та фотометричних досліджень. Ключові слова: наночастинки, нанорозмірні шари, наноструктури, гетероперехід, ГФЕ МОС, АІІІВV, тонка плівка, сенсори, провідність, вольт-амперні характеристики, легування, кремній, діоксид кремнію, діод, пірометрія.

2. Metal-organic chemical vapor deposition (MOCVD) technology is currently the most commercially scalable method for the epitaxial growth of a wide range of materials based on III-V solid solutions to obtain high-quality device heteroepitaxial structures. The chemical kinetics of epitaxial growth is highly temperature-dependent, making the in-situ monitoring of growing epitaxial layer parameters essential during the formation of semiconductor structures. The application of in-situ methods based on the interaction of electrons or ions with the surface is impossible for MOCVD due to the absence of a high vacuum in the growth chamber and the presence of a carrier gas flow. Therefore, the optimization and improvement of methods aimed at enhancing the parameters of optoelectronic pyrometric systems for monitoring the MOCVD process represent a highly relevant direction in the development of epitaxial technologies. The dissertation is devoted to the development and investigation of an optoelectronic pyrometric system for the precise measurement of temperature, the thickness of the growing layer, and the cluster nucleation dynamics of epitaxial layers obtained by MOCVD. The aim of the work is the development of an optoelectronic pyrometer-reflectometer system for diagnosing the surface parameters of AIII-BV semiconductor layers and investigating its characteristics under the conditions of dynamic changes in emissivity during growth. The subject of the research focuses on the methods and means of improving the accuracy of the pyrometric control of epitaxial layers with variable emissivity. The scientific novelty lies in

establishing the analytical dependencies of the error in determining the parameters of epitaxial layers on the characteristics of the optoelectronic components of the pyrometric optoelectronic system. A p+-n photodiode structure was developed and fabricated for application in precise radio- and photometric measurements. The correlation between the characteristics (FWHM, shape factors, and transmittance) of narrowband optical filters and the accuracy of determining the parameters of epitaxial layers has been established. An interference structure with a reduced number of layers is proposed, which improved the reliability and stability of the optical parameters of the pyrometric system and ensured minimal measurement error. It has been determined that the physicochemical degradation of the interference structure layers leads to a more than twofold increase in the FWHM, accompanied by a shift in the central wavelength. This causes an increase in the temperature determination error and significantly reduces the measurement range for the epitaxial layer temperature. The approximation dependencies of the optical signal power of the optoelectronic pyrometric system on the process temperature have been established, allowing for the expansion of the lower temperature measurement range. The discrepancy between the calculated theoretical and experimental results is less than 2%. The research results obtained in this dissertation serve as a foundation for designing precise diagnostic systems for epitaxy process parameters, ensuring the minimization of measurement errors for epitaxial layers with variable emissivity. The analytical dependencies of the optoelectronic component parameters on the accuracy of pyrometric optical signal determination have been defined. The presented dependencies can be applied to develop precise radio- and photometric systems for measuring the optical power of objects with variable emissivity in a narrow spectral range. The developed semiconductor AlGaAs/GaAs light-emitting diode heterostructures can be used as IR radiation sources to design optical collimation systems with a minimum beam divergence angle. The developed semiconductor photostructures can be utilized to create silicon photodiodes for precise radio- and photometric studies. Keywords: nanoparticles, nanoscale layers, nanostructures, heterojunction, MOCVD, AIIIIV, thin film, sensors, conductivity, I-V characteristics, doping; silicon, silicon dioxide, diode, pyrometry.

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: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- V.G. Verbitskiy, V.S. Antonyuk, A.O. Voronko, L.M. Korolevych, D.O. Verbitskiy, and D.O. Novikov, «Matrix of Photosensitive Elements for Determining the Coordinates of the Source of Optical Radiation,» J. Nano-Electron. Phys., Volume 13, Year 2021, Number 4 (2021). [https://doi.org/10.21272/jnep.13\(4\).04029](https://doi.org/10.21272/jnep.13(4).04029)
- А. О. Воронько і Д. О. Новіков, «Залежність точності визначення температури від ширини смуги пропускання інтерференційного фільтра в системах оптичної пірометрії,» Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування, вип. 65(1), с. 52–57, Черв. 2023, [https://doi.org/10.20535/1970.65\(1\).2023.283332](https://doi.org/10.20535/1970.65(1).2023.283332)
- A. Voronko, D. Novikov, and O. Shymanovskiy, «Temperature Drift of Silicon Photodiode Spectral Sensitivity,» Radioelectron. Commun. Syst., vol. 66, pp. 74–84, Apr. 2024. <https://doi.org/10.3103/S073527272302005X>
- A. Voronko, D. Novikov, D. Verbitskiy, M. Chmyr, O. Voloshyn, O. Belkevych, and M. Holubets, «Specifics of designing an infrared pyrometer-reflectometer for semiconductor heterostructure fabrication,» Bull. Kyiv Polytech. Inst. Ser. Instrum. Mak., no. 67(1), pp. 25–30, Jun. 2024. [https://doi.org/10.20535/1970.67\(1\).2024.306723](https://doi.org/10.20535/1970.67(1).2024.306723)

- A. Voronko, D. Novikov, D. Verbitskiy, O. Voloshyn, and O. Belkevych, «Analysis of the structure of interference coatings for the optimization of the parameters of narrowband optical filters,» Bull. Kyiv Polytech. Inst. Ser. Instrum. Mak., no. 68(2), pp. 18–23, Dec. 2024. [https://doi.org/10.20535/1970.68\(2\).2024.318177](https://doi.org/10.20535/1970.68(2).2024.318177)
- S. Krukovskiy, M. Vakiv, Y. Yashchynshyn, V. Arikov, A. Voronko, D. Novikov, D. Verbitskii, and O. Kryvets, «Properties of Low-Temperature GaAs Obtained by LPE Method for Terahertz Devices,» Radioelectron. Commun. Syst., vol. 67, pp. 430–437, Aug. 2025. <https://doi.org/10.3103/S0735272724080041>
- D. O. Novikov, M. S. Kukurudziak, A. O. Voronko, M. S. Solodkyi, and V. S. Antonyuk, «p-i-n Photodiode with a p+ Guard Ring,» J. Nano- Electron. Phys., vol. 17, no. 5, p. 05018, Oct. 2025. [https://doi.org/10.21272/jnep.17\(5\).05018](https://doi.org/10.21272/jnep.17(5).05018)
- A. Voronko, D. Novikov, O. Belkevych, O. Voloshyn, and D. Verbitskiy, “Development Features of Metrological Equipment for Monitoring the Growth of III-V Heterostructures using MOCVD,” in Proc. 2024 IEEE 42nd Int. Conf. Electron. Nanotechnol. (ELNANO), Kyiv, Ukraine, May 13–16, 2024, pp. 337–340, <https://doi.org/10.1109/ELNANO63394.2024.10756924>
- A. O. Voronko and D. O. Novikov, “Error sources in a pyrometric system for controlling the parameters of A3B5 heterostructures during epitaxial growth,” in Inf. Technol.: Sci., Eng., Technol., Educ., Health: Abstracts of the 31st Int. Sci.-Pract. Conf. MicroCAD-2023, Kharkiv, Ukraine, May 17–20, 2023, pp. 445. [Online]. Available: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/36de400e-ae34-49d4-82cb-9da5a8b432e6>
- A. Voronko and D. Novikov, “Progression of epitaxial wafers as a key factor of innovative growth of the complex semiconductor market,” presented at the XXIII Int. Sci. and Pract. Conf. Development of Entrepreneurship as a Factor of National Economic Growth, Kyiv, Ukraine, Dec. 2024, pp. 115–115. [Online]. Available: <https://conf-keip.kpi.ua/article/view/317783>
- M. Vakiv, S. Krukovskiy, V. Arikov, A. Voronko, D. Novikov, and D. Verbitskiy, “Investigation of the Properties of Low-Temperature GaAs Doped with Rare Earth and Isovalent Elements Obtained by the LPE Method,” in Abstr. Int. Conf. Innovative Materials and NanoEngineering (IMNE'2024), Dovgoluka, Ukraine, Sept. 13–16, 2024, p. 39. [Online]. Available: <https://ena.lpnu.ua/items/e2bf1c4b-000e-44b2-bc3f-c008bc52a2bf>
- М. Кукурудзяк, Д. Новіков, А. Воронько, Ю. Семенюк «р-і-п фотодіод для моніторингу процесів газофазної епітаксії» X Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем» MEICS-2025, 26-28 листопада 2025 р., м. Дніпро, Україна. [Online]. Available: <http://meics.dnure.dp.ua/files/MEICS-2025.pdf>

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

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

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0125U001384

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Воронько Андрій Олександрович
2. Andriy O. Voronko

Кваліфікація: К.Т.Н., 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2899-963X

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

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Майструк Едуард Васильович

2. Eduard V. Maistruk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9025-6485

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, Чернівці, 58012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Євтушенко Арсеній Іванович

2. Arsenii Ievtushenko

Кваліфікація: к. ф.-м. н., с.д., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8965-6772

Додаткова інформація:

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. Шевлякова Ганна Вікторівна

2. Hanna Shevliakova

Кваліфікація: д.філософ, 153

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5380-8394

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

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Обухова Тетяна Юріївна

2. Tetiana Y. Obukhova

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6415-4461

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**

Мачулянський Олександр Вікторович

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

Мачулянський Олександр Вікторович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Новіков Денис Олександрович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна