Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U002407

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-06-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вербіцький Дмитро Олегович
2. Dmytro O. Verbitskiy

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1295-9601

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: Організація відсутня

Код за ЄДРПОУ: 00000000

Місцезнаходження: ------, Київ, 00000, Україна

Форма власності: Змішана

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 14105

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. Позиційно-чутливий фотодетектор для оптичної дефлектометрії поверхні напівпровідникових шарів в процесі епітаксії

2. Position-sensitive photodetector for optical deflectometry of semiconductor layers during epitaxy.

Реферат/анотація:

1. Дисертаційна робота присвячена дослідженню фотоелектричних та механічних властивостей кремнієвих і арсенід галієвих моно- і легованих структур з метою удосконалення технології їх виготовлення, а також розробці оригінальної методики діагностики механічного стану конденсату під час його епітаксійного осадження з допомогою оптичної дефлектометрії. У вступі обґрунтовано актуальність роботи; сформульовано мету, основні завдання, об'єкт та предмет дослідження; вказано наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів; наведено інформацію про особистий внесок здобувача, апробацію роботи, її структуру. У першому розділі дисертації описано загальні властивості тринітридних сполук та приладів на їх основі, детально проаналізовано принцип роботи світлодіодів, транзисторів та інших нанорозмірних елементів на основі високоомних кремнієвих структур, арсенід галієвих сполук та особливо приділено увагу

питанням технологічних можливостей прецизійного формування механічно не напружених конденсатів. Нітрид галію та арсенід галію – це широкосмугові напівпровідникові матеріали. Вони є найпопулярнішими матеріалами після кремнію у промисловості напівпровідників. Унікальне поєднання фізико-хімічних властивостей нітриду галію і арсеніду галію дає змогу використовувати їх як рішення у широкому діапазоні технологічних задач створення електронної техніки. Завдяки високій температурній стабільності та хімічній стійкості, вони можуть бути використані також для створення високотемпературних і потужнострумових напівпровідникових приладів. У другому розділі дисертації проведено аналіз оптичних властивостей тринітридних сполук різними методами та показано, що спектри поглинання, спектри випромінювання та частотні характеристики сформованих структур в значній мірі залежать від хімічного складу компонент, спорідненості матеріалів, технології формування конденсатів і, звичайно, як наслідок, механічного стану функціональних шарів. Показано, що довжини хвиль випромінювання і відповідно поглинання в значній мірі визначаються не тільки структурою і складовими матеріалами, а і технологією їх отримання, що відповідає задачам і науковим надбанням даної роботи. Саме контроль механічного стану наноконденсату в процесі його формування є ключовим фактором, який є пігрунтям для управління технологічними процесами з метою запобігання надлишкових напруженостей і, як наслідок, зміни електрофізичних властивостей від їх номінальних значень. У третьому розділі дисертації основна увага приділена розробці позиційно чутливих фотодетекторів, розглянуті конструкції, визначені переваги та недоліки експлуатаційних характеристик кожного і запропонованих позиційно чутливих фотодетекторів з метою їх використання для діагностики механічного стану осаджуваного конденсату при високій температурі в реакторах МОС гідридної епітаксіїї. Один із запропонованих варіантів створення системи вимірювання вигину пластин під час осадження полягає в спільному використанні випромінювача і позиційно чутливого фотодетектора. Необхідність у позиційно-чутливому аналізаторі зумовлена тим, що звичайні фотоприймачі не володіють можливістю відслідковувати переміщення падаючого на них світлового променя. Додаткові пристрої значно ускладнюють конструкцію оптичних датчиків, зменшують їх надійність і утруднюють мікромініатюризацію. Тому вельми перспективним являється суміщення аналізатора та фотоприймача в одному приладі тобто позиційно-чутливому дефлектометрі. У четвертому розділі дисертації розглянуто основні результати практичного втілення запропонованої методики аналізу вигину пластин під час осадження тринітридів в реакторах МОС гідридної епітаксії при високій температурі. Для ідентифікації реального стану структури підкладка-конденсат запропоновано оригінальну комбіновану позиційну характеристику з допомогою якої вдається в реальному часі відслідковувати механічний стан формування наноструктур. Важливим науковим і практичним результатом явилось вимірювання вигину пластин після процесу осадження плівок. Завдяки вимірюванню стріли вигину вдалось розрахувати величину механічних напруженостей в сформованих плівках та надати рекомендації по отриманню механічно стабільних тринітридних сполук для оптоелектронних приладів і пристроїв. Ключові слова: кремній, арсенід галію, фоточутливий елемент, дифузія, йонне легування, оптичний контроль, позиційно-чутливий фотодлетектор, розсіювання світла, електропровідність, інфрачервоні випромінювачі, полярні кристали, світлодіоди, термодіоди, термістори.

2. The dissertation is devoted to the study of the photoelectric and mechanical properties of silicon and gallium arsenide mono- and doped structures with the aim of improving the technology of their manufacture, as well as the development of an original method for diagnosing the mechanical state of condensate during its epitaxial deposition using optical deflectometry. The introduction justifies the relevance of the work; formulates the purpose, main tasks, object, and subject of the study; indicates the scientific novelty and practical value of the results obtained; provides information about the personal contribution of the applicant, the testing of the work, and its structure. The first chapter of the dissertation describes the general properties of trinitride compounds and devices based on them, provides a detailed analysis of the operating principle of light-emitting diodes, transistors, and other nanoscale elements based on high-resistance silicon structures and gallium arsenide compounds, and pays particular attention to the technological possibilities of precision forming of mechanically stress-free condensates. Gallium nitride and gallium arsenide are broadband semiconductor materials. They are the most popular materials after silicon in the semiconductor industry. The unique combination of the physical

and chemical properties of gallium nitride and gallium arsenide allows them to be used as solutions in a wide range of technological tasks in the creation of electronic equipment. Due to their high temperature stability and chemical resistance, they can also be used to create high-temperature and high-current semiconductor devices. The second chapter of the dissertation analyzes the optical properties of trinitride compounds using various methods and shows that the absorption spectra, emission spectra, and frequency characteristics of the formed structures largely depend on the chemical composition of the components, the affinity of the materials, the technology of condensate formation, and, of course, as a consequence, the mechanical state of the functional layers. It is shown that the wavelengths of radiation and, accordingly, absorption are largely determined not only by the structure and constituent materials, but also by the technology used to obtain them, which corresponds to the objectives and scientific achievements of this work. It is the control of the mechanical state of the nanocondensate during its formation that is the key factor underlying the management of technological processes in order to prevent excessive stresses and, as a result, changes in the electrophysical properties from their nominal values. The third chapter of the dissertation focuses on the development of position-sensitive photodetectors, the designs are considered, the advantages and disadvantages of the operational characteristics of each and the proposed position-sensitive photodetectors are determined with the aim of using them to diagnose the mechanical state of the deposited condensate at high temperatures in MOS hydride epitaxy reactors. One of the proposed options for creating a system for measuring plate deflection during deposition involves the combined use of an emitter and a position-sensitive photodetector. The need for a position-sensitive analyzer is due to the fact that conventional photodetectors are not capable of tracking the movement of the light beam falling on them. Additional devices significantly complicate the design of optical sensors, reduce their reliability, and hinder miniaturization. Therefore, combining an analyzer and a photodetector in a single device, i.e., a position-sensitive deflectometer, is a very promising approach. The fourth chapter of the dissertation discusses the main results of the practical implementation of the proposed method for analyzing plate bending during the deposition of trinitrides in MOS reactors of hydride epitaxy at high temperatures. To identify the actual state of the substrate-condensate structure, an original combined positional characteristic is proposed, which allows real-time monitoring of the mechanical state of nanostructure formation. An important scientific and practical result was the measurement of plate bending after the film deposition process. Thanks to the measurement of the deflection, it was possible to calculate the magnitude of mechanical stresses in the formed films and provide recommendations for obtaining mechanically stable trinitride compounds for optoelectronic devices and devices.
Keywords: silicon, gallium arsenide, photosensitive element, diffusion, ion doping, position-sensitive photodetector, mechanically stressed thin film, volt- ampere characteristic, PSF steepness, free path length, minority carrier lifetime, diode, transistor, nanostructured element.

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:

- Д. О. Вербіцький, А. О. Воронько, “Дослідження динамічного діапазону кремнієвих фотодіодів для застосування в оптичній пірометрії,” Мікросистеми, Електроніка та Акустика, Т. 28, №. 3, С. 284933.1 284933.7, Груд. 2023. https://doi.org/10.20535/2523-4455.mea.284933

- 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
- V. Verbitskiy and D. Verbitskiy, “The manifestation of the channeling effect in the manufacture of integrated circuits for BiFET technology,” Наука і техніка сьогодні. Серія «Фізико-математичні науки», no. 1(29), pp. 820 830, Feb. 2024. https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-1(29)-820-830
- V. Verbitskiy and D. Verbitskiy, “Super-□ transistors in monolithic integrated operational amplifier technology,” Наука і техніка сьогодні. Серія «Фізико-математичні науки», no. 2(30), pp. 945–959, Mar. 2024. https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-2(30)-945-959
- 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
- 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
- S. Krukovskyi, M. Vakiv, Y. Yashchyshyn, 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
- M. Vakiv, S. Krukovskyi, 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. https://ena.lpnu.ua/item s/e2bf1c4b-000e-44b2- bc3f-c008bc52a2bf
- 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 https://ieeexplore.ieee.o rg/document/10756924

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 ОПІВ:

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. Євтух Анатолій Антонович
2. Anatolii Yevtukh

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3527-9585

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. Стахіра Павло Йосипович
2. Pavlo Y. Stakhira

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.27.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5210-415X

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 9334821400; Web of Science Researcher ID: F-7270-2012; https://scholar.google.com.ua/citations?user=nBrTX2MAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Діденко Юрій Вікторович

2. Yurii V. Didenko

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

Ідентифікатор ORCID 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, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Малюта Сергій Васильович

2. Serhii V. Maliuta

Кваліфікація: д.філософ, 153

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0466-9900

Додаткова інформація:
;https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57209304511;https://www.webofscience.com/wos/author/record/T-6573-2019;https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-0466-9900

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 Татарчук Дмитро Дмитрович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Татарчук Дмитро Дмитрович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Вербіцький Дмитро Олегович
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна

