Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U003317

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-08-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кульбачинський Олександр Анатолійович
2. Oleksandr Kulbachynskyi

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-6657-5569

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: Мікро- та наносистемна техніка

Місце роботи здобувача: 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

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 10771

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

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

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

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19.15, 29.19.31, 47.09.29, 59.14.23, 29.19.11

Тема дисертації:

1. Сенсорні структури і матеріали для детектування випромінювання інфрачервоного діапазону спектру
2. Sensor structures and materials for infrared radiation detection

Реферат:

1. В дисертації представлені результати досліджень проведених в ході розробки та оптимізації технологічного маршруту виготовлення лавинного фотодіода на основі кремнію, фотодіодних структур на основі антимоніду індію та результати досліджень властивостей тонких плівок ванадій оксиду, як матеріалу для мікроболометричного застосування. Даний перелік матеріалів використовується для детектування в широкому діапазоні інфрачервоного випромінювання. При виконанні дисертаційної роботи були застосовані комплексні підходи для аналізу структури та інтерфейсу досліджуваних об’єктів, і використовувались такі методи, як мас-спектрометрія вторинних іонів, рентгенівська дифрактометрія, атомно-силова мікроскопія,

спектроскопія комбінаційного розсіювання, скануюча електронна мікроскопія, рентгенівська фотоелектронна спектроскопія, вольтамперометрія та інші електрофізичні методи досліджень. Дисертація складається із вступу, трьох основних розділів, висновків та списку використаних джерел. У вступі дисертаційної роботи висвітлено проблематику, визначено об'єкт та напрями дослідження, обґрунтовано актуальність та наукову новизну роботи, сформульовано мету і завдання, визначено методи дослідження, вказано зв'язок роботи з науковими програмами Інституту, наведено відомості про особистий внесок здобувача, апробацію наукових результатів, публікації, структуру та обсяг дисертаційної роботи. У першому розділі приведені результаті по розробці конструкції та дослідженню параметрів лавинного фотодіода на основі високоомного кремнію. Для прогнозування властивостей лавинного фотодіода проведене інтегроване теоретичне моделювання, параметри для якого визначені шляхом аналізу кремнієвої платівки до та після технологічних операцій. Запропонована оригінальна конструкція та технологія виготовлення, яка апробована на вітчизняних потужностях. Промодельовано та запропоновано використання періодичних металевих ґраток для збудження поверхневого – плазмонного резонансу (ППР), що дозволяє селективно контролювати спектр поглинання в структурі. Показано, що використання золотих наночастинок для збудження ППР дозволяє збільшити поглинання в діапазоні довжин хвиль 0.9-1.1мкм близько на 10%. У другому розділі досліджувались фізичні закономірності формування та властивостей фотодіодних структур на основі антимоніду індію. Проводилось теоретичне моделювання для визначення впливу на поглинання глибини формування області просторового заряду. Розроблялась методика обробки поверхні платівок, яка дозволила отримати платівки із значенням шорсткості менше 1 нм та із збереженою високою кристалічною досконалістю. Оптимізований процес анодного окислення, що дозволяє отримувати однорідний жертвенний шар. Досліджувався методами спектрометрії вторинних іонів профіль імплантованої домішки берилію і визначено глибину залягання p-n переходу. Показано, що для забезпечення оптимального профілю розподілу домішки необхідне використання жертвенного шару в сукупності з двохстадійнною іонною імплантацією. Методом рентгенівської дифрактометрії досліджувався вплив іонної імплантації та режимів постімплантаційного відпалу на структурну досконалість кристалічної ґратки, визначено режими відпалу, що максимально забезпечують усунення розупорядкування ґратки. Досліджувався стан поверхні антимоніду індію після пасивації натрій сульфідом, запропонований метод перешкоджання деградації пасивуючого шару. Оптимізований технологічний маршрут забезпечив отримання фотодіодних структур зі значеннями добутку диференційного опору на площу, при нульовому зміщені, на рівні 20000 Ом·см2. Третій розділ зосереджений на досліджені тонких плівок ванадій оксиду. Досліджено вплив умов осадження та термічного відпалу (атмосфера, температура, тип підкладки) на морфологію поверхні, фазовий склад і характеристики фазового переходу у VO2-плівках, отриманих методом магнетронного напилення. Розроблено комплексний підхід до аналізу фазового складу тонких плівок VO2, який ґрунтується на комбінації резонансної Раман-спектроскопії з варіюванням довжини хвилі збудження та рентгеноструктурного аналізу (XRD), що дозволяє проводити достовірну ідентифікацію як основної VO2-фази, так і домішкових фаз V2O5, V3O7 та V4O9. Дослідження інтенсивності піку комбінаційного розсіяння 617 см-1 на синтезованих зразках дало змогу визначити оптимальну температуру відпалу, для отримання фази VO2, яка становить 430С. Визначено, що наявність домішкових фаз VxOy не чинить суттєвого впливу на характеристики ФП основної VO2 - фази, а ключову роль у поведінці фазового переходу відіграють особливості початкової структури VO2 та тип підкладки. Досліджено вплив імплантації іонів аргону на структурні та електричні характеристики плівок VO2. Найбільші значення негативного температурного коефіцієнту опору були отримані при дозі 1,5×1014см−2.

2. The dissertation presents the results of research conducted during the development and optimization of the technological route for the manufacture of silicon-based avalanche photodiodes, photodiode structures based on indium antimonide, and the results of research on the properties of thin vanadium oxide films as a material for microbolometric applications. This list of materials is used for detection in a wide range of infrared radiation. In the dissertation, comprehensive approaches were used to analyze the structure and interface of the objects under study, and methods such as secondary ion mass spectrometry, X-ray diffraction, atomic force microscopy, Raman

spectroscopy, scanning electron microscopy, X-ray photoelectron spectroscopy, voltammetry, and other electrophysical research methods.The dissertation consists of an introduction, three main sections, conclusions, and a list of references. The introduction to the dissertation highlights the issues, defines the object and directions of research, justifies the relevance and scientific novelty of the work, formulates the purpose and objectives, defines the research methods, indicates the connection of the work with the scientific programs of the Institute, provides information about the personal contribution of the applicant, the testing of scientific results, publications, and the structure and scope of the dissertation. The first chapter presents the results of the design development and research of the parameters of an avalanche photodiode based on high-resistance silicon. To predict the properties of the avalanche photodiode, integrated theoretical modeling was performed, the parameters for which were determined by analyzing the silicon wafer before and after technological operations. An original design and manufacturing technology was proposed, which was tested at domestic facilities. The use of periodic metal gratings for exciting surface plasmon resonance was modeled and proposed, which allows selective control of the absorption spectrum in the structure. The use of gold nanoparticles has been investigated, which allows increasing absorption in the wavelength range of 0.9-1.1 μm by about 10%. The second chapter investigates the physical laws governing the formation and properties of photodiode structures based on indium antimonide. Theoretical modeling was performed to determine the effect of the depth of the space charge region on absorption. A method for processing the surface of wafers was developed, which made it possible to obtain wafers with a roughness value of below 1 nm and with preserved high crystalline perfection. The anodic oxidation process was optimized, which allows obtaining a homogeneous sacrificial layer. The profile of the implanted beryllium impurity was studied using secondary ion spectrometry, and the depth of the p-n junction was determined. It was shown that to ensure an optimal impurity distribution profile, it is necessary to use a sacrificial layer in combination with two-stage ion implantation. The effect of ion implantation and post-implantation annealing modes on the crystal lattice was studied by X-ray diffraction, and annealing modes that ensure the elimination of lattice disorder were determined. The state of the indium antimonide surface after passivation with sodium sulfide was studied, and a method for preventing degradation of the passivation layer was proposed. The optimized technological route ensured the production of photodiode structures with values of the product of differential resistance per area, at zero bias, at the level of 20,000 Ohm·cm2. The third chapter focuses on the study of thin vanadium oxide films. The influence of deposition and thermal annealing conditions (atmosphere, temperature, substrate type) on the surface morphology, phase composition, and phase transition characteristics in VO2 films obtained by magnetron sputtering was investigated. A comprehensive approach to the analysis of the phase composition of VO2 thin films has been developed, based on a combination of resonance Raman spectroscopy with varying excitation wavelengths and X-ray diffraction (XRD), which allows reliable identification of both the main VO□ phase and the impurity phases V2O5, V3O7, and V4O9. The study of the intensity of the 617 cm-1 combination scattering peak on the synthesized samples made it possible to determine the optimal annealing temperature for obtaining the VO2 phase, which is 430°C. It was determined that the presence of impurity phases VxOy does not significantly affect the characteristics of the main VO2 phase, and that the key role in the behavior of the phase transition is played by the features of the initial structure of VO2 and the type of substrate. The effect of argon ion implantation on the structural and electrical characteristics of VO□ films was investigated. The highest values of the negative temperature coefficient of resistance were obtained at a dose of 1.5×1014cm−2.

Державний реєстраційний номер ДіР: РК 0120U000021, РК 0220U002583

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: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Sapon S.V, Romaniuk B.M., Melnik V.P., Dubikovskyi O.V., Kulbachynskyi O.A., Oberemok O.S., Maksimenko Z.V., Kosulya O.V., Korotyeyev V.V., Sokolov V.N., Bychok A.V. Si-based n ++ -p − -p + -p − -p ++ avalanche diode: Self-consistent modeling for infrared optoelectronic applications. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2024;27(4):457-465. DOI: https://doi.org/10.15407/spqeo27.04.457
- Sapon S.V., Boltovets M.S., Kulbachynskyi O.A., Zabudsky V.V., Golenkov O.G., Korotyeyev V.V., Efremov A.A. Properties of InSb photodiodes fabricated by ion implantation. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2024;27(3):356-365. doi:10.15407/spqeo27.03.356. DOI: https://doi.org/10.15407/spqeo27.03.356
- Dzhagan V.M., Valakh M.Ya., Isaieva O.F., Yukhymchuk V.O., Stadnik O.A., Gudymenko O.Yo., Lytvyn P.M., Kulbachynskyi O.A., Yefanov V.S., Romanyuk B.M., Melnik V.P. Raman fingerprints of different vanadium oxides as impurity phases in VO2 films. Optical Materials. 2024; 148: 114894 https://doi.org/10.1016/j.optmat.2024.114894
- Efremov A.A., Romaniuk B.M., Melnyk V.P., Stadnik O.A., Sabov T.M., Kulbachinskiy O.A., Dubikovskiy O.V. Study of fractality nature in VO2 films and its influence on metal-insulator phase transition. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics; 2024. V. 27, No 1. P. 028-039. DOI: https://doi.org/10.15407/spqeo27.01.028
- Liubchenko O., Kladko V., Melnik V., Romanyuk B., Gudymenko O., Sabov T., Dubikovskyi O., Maksimenko Z., Kosulya O., Kulbachynskyi O. Ar-implanted vanadium dioxide thin film with the reduced phase transition temperature. Materials Letters. 2022. V.314: https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.131895
- Lytvyn P.M., Dzhagan V.M., Valakh M.Ya., Korchovyi A.A., Isaieva O.F., Stadnik O.A., Kulbachynskyi O.A., Gudymenko O.Yo., Romanyuk B.M., Melnik V.P. Nanomechanical properties of polycrystalline vanadium oxide thin films of different phase composition. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics. 2023. V. 26, No 4. P. 388-397 DOI: https://doi.org/10.15407/spqeo26.04.388
- Kladko V.P., Melnik V.P., Liubchenko O.I., Romanyuk B.M., Gudymenko O.Yo., Sabov T.M., Dubikovskyi O.V., Maksimenko Z.V., Kosulya O.V., Kulbachynskyi O.A., Lytvyn P.M., Efremov O.O. Phase transition in vanadium oxide films formed by multistep deposition. Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics, 2021. V. 24, No 4. P. 362-371. https://doi.org/10.15407/spqeo24.04.362
- Matyash I., Minailova I., Gudymenko O., Sabov T., Dubikovskyi O., Kosulya O., Kulbachynskyi O., Lytvyn P.. Optical Properties of Vanadium Oxide Films. J Nano- Electron Phys. 2023;15(6):06008. https://doi.org/10.21272/jnep.15(6).06008

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

Соціально-економічна спрямованість: збільшення обсягів виробництва

Охоронні документи на ОПІВ:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

Патенти на корисну модель: № 149983 від 22.12.2021, № 151485 від 03.08.2022

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: РК 0121U108465, РК 0121U108529, РК 0124U001089,РК 0122U000583, РК 0123U100458

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мельник Віктор Павлович

2. Viktor P. Melnyk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-8670-7415

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

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Пилипчук Олександр Сергійович

2. Oleksandr S. Pylypchuk

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-0136-0799

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Григорук Валерій Іванович

2. Valerij I. Grygoruk

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-0229-317X

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. Редько Роман Анатолійович
2. Roman A. Redko

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-9036-5852

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. Саріков Андрій Вікторович
2. Andrii V. Sarikov

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-9123-7203

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

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Цибрій Зіновія Федорівна
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Цибрій Зіновія Федорівна
Відповідальний за підготовку облікових документів	Пономаренко Валентина Володимирівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна