Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0822U100114

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-01-2022

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дубіковський Олександр Володимирович
2. Dubikovskii Oleksandr V.

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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: Не застосовується

Дата захисту: 22-12-2021

Спеціальність за освітою: високі технології

Місце роботи здобувача: Інститут фізики напівпровідників імені В. Є. Лашкарьова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416952

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.199.007

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

Код за ЄДРПОУ: 05416952

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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, м. Київ, 03028, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

Код за ЄДРПОУ: 05416952

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 29.19, 29.19.31

Тема дисертації:

1. Іонно-променева модифікація і кількісний мас-спектрометричний аналіз нанорозмірних напівпровідникових структур.
2. Ion-beam modification and quantitative mass spectrometric analysis of nanoscale semiconductor structures.

Реферат:

1. Дослідження фізичних властивостей нанорозмірних об’єктів, тонких напівпровідникових та металевих продемонстрували наявність унікальних функціональних властивостей цих матеріалів у порівнянні з об’ємними. Саме фізичні явища на границях розділу фаз, квантово-розмірні ефекти дозволяють створювати нові мікроелектронних приладів і схем, в яких розміри активних елементів складають десятки і навіть одиниці нанометрів. Дослідження таких структур та технологічні рішення з їх виготовлення потребують застосування нових методик, як враховують специфіку досліджуваних об’єктів. До таких методик безумовно слід віднести іонно-променеві технології. Застосування цих технологій дозволяє формувати нові матеріали, або провадити їх радикальну структурну і фазов модифікацію, а це потребує детального вивчення фізичних процесів із залученням найсучасніших методів досліджень. Одним з найпотужніших методів вивчення домішкового складу речовин є мас спектрометрія вторинних іонів. В першому розділі зроблено короткий огляд літератури по темі дисертації та виділено проблеми, які потребують детальн вивчення. Приведено опис методу часо-пролітної мас-спектрометрії, визначено оптимальні параметри вимірювань, які дозволяють досліджувати структури нанометрових розмірів. Методом іонної імплантації ряду домішок було виготовлено тестові зразки для калібровки результатів мас-спектрометричних досліджень, що дозволило проводити кільк вимірювання концентрації домішок. Визначено коефіцієнти елементної чутливості методу та з використанням структур з дельта-легованими щарами досягнута роздільна здатність методу часо-пролітної мас-спектрометрії по глибині порядку 1 нм. В другому розділі розроблено чисельну процедуру розрахунків вольт-амперних характеристик, яка була застосована для аналізу InSb діода з p-n переходом і було визначено оптимальний профіль легування InSb іонами Be+. Показано, що для забезпечення оптимальних параметрів фотодіодів необхідно проводити імплантацію берилію з різними енергіями. За допомогою мас-спектрометрії було досліджено профілі розподілу легуючої домішки і визначено оптимальну глибину залягання p-n переходу. Досліджено процеси фотонного відпалу імплантованих структур, визначено оптимал параметри відпалу. Показано, що при відпалах формуються оксиди індію та антимону, а також відбувається сегрегація антимону. Знайдено режими додаткової обробки, які приводять до зменшення таких паразитних ефектів. Досліджено процеси пасивації діодних структур і показано, що оптимальними покриттями є плівки нітріду кремнію, леговані воднем. Розроблено технологію та виготовлено експериментальні зразки фотодіодів. Третій розділ присвячено дослідженням процесів гетерування кисню при імплантації іонів вуглецю. Показано, що гетерований з об’єму кисень накопичується в області розподілу вакансій та на границі розділу фаз природній окисел – кремній. Визначено оптимальні технологічні режими для генерації термодонорних центрів. Знайдено оптимальну дозу імплантації і температуру відпалу ефективної генерації ТД центрів. Показано, що область формування ТД центрів залежить від енергії імплантації іонів вуглецю. Фоточутливість структур з прихованим n+ шаром визначається процесами рекомбінації носіїв струм приповерхневій дефектній області. В четвертому розділі дисертації проведено дослідження двошарових структур Pt/Fe, які отримували методом магнетронного напорошення. Еволюцію їх структури та магнітних властивостей після відпалів та іонного легування досліджували методами XRD і SIMS. Було показано, що імплантація іонів N+ дозволяє зменшити як температуру, так і час відпалу, необхідний для сприяння дифузійно-структурним фазовим переходам. Зробл висновок, що застосування іонного легування є перспективним шляхом для створення самоорганізованого способ формування гетероструктур. П’ятий розділ дисертації містить результати досліджень багатошарових структур Co/Si, Mo/Si та AlN/GaN після їх модифікації іонною імплантацією домішок. Знайдено новий ефект, який полягає в збільшенні номінальної товщини існування аморфно-кластерного стану плівок кобальту і затримці подальшої вибухової кристалізації зростаючої плівки кобальту завдяки легуванню атомами вуглецю. Показано, що накопичення кисню на інтерфейсах Mo/Si є однією з основних причин деградації багатошарової структури під час перегріву. 3D-вимірювання TOF-SIMS дозволили виявити місця проникнення кремнію в молібден.

2. Studies of the physical properties of nanoscale objects, thin semiconductor and metal films have demonstrated the unique functional properties of these materials compared to bulk ones. It is the physical phenomena at the phase boundaries, quantum- dimensional effects allow to create new generations of microelectronic devices and circuits in which the size of the active elements are tens or even units of nanometers. Research of such structures and technological solutions for their manufacture require the use of new techniques that take into account the specifics of the studied objects. Such techniques should certainly include ion-beam technology. The application of these technologies allows to form new materials, or to carry out their radical structural and phase modification, and this requires a detailed study of physical processes with the involvement of the most modern research methods. One of the most powerful methods for studying the impurity composition of substances is the mass spectrometry of secondary ions. The first section provides a brief overview of the literature on the topic of the dissertation and highlights the problems that require detailed study. The description of the time-of-flight mass spectrometry method is given, the optimal measurement parameters are determined, which allow to investigate the structures of nanometer dimensions. By the method of ion implantation of a number of impurities, test samples were made to calibrate the results of mass spectrometric studies, which allowed quantitative measurements of the concentration of impurities. The coefficients of elemental sensitivity of the method were determined and the resolution of the time-of-flight mass spectrometry method at a depth of the order of 1 nm was achieved using structures with delta-doped layers. In the second section, a numerical procedure for calculating the current- voltage characteristics was developed, which was used to analyze the InSb diode with a p-n junction and determined the optimal doping profile of InSb implanted by Be+ ions. It is shown that to ensure optimal parameters of photodiodes it is necessary to implant beryllium with different energies. Using mass spectrometry, the distribution profiles of the doping impurity wer investigated and the optimal depth of the p-n junction was determined. The processes of photon annealing of implant structures are investigated, the optimal annealing parameters are determined. It has been shown that oxides of indium and antimony are formed during annealing, and antimony segregation also occurs. Modes of additional processing which lead to reduction of such parasitic effects are found. The processes of passivation of diode structures have been studied and it has been shown that the optimal coatings are silicon nitride films doped with hydrogen. The technology was developed and experimental samples of photodiodes were made. The third section is devoted to the study of oxygen generation processes during t implantation of carbon ions. It is shown that the oxygen generated from the volume accumulates in the area of vaca distribution and at the phase boundary of natural oxide - silicon. The optimal technological modes for the generation thermodonor centers are determined. The optimal implantation dose and annealing temperature for efficient generation of TD centers were found. It is shown that the region of formation of TD centers depends on the energy of implantation of carbon ions. The photosensitivity of structures with a hidden n+ layer is determined by the processes of recombination of charg carriers in the near-surface defective region. In the fourth section of the dissertation, a study of two-layer Pt / Fe structures obtained by magnetron sputtering was performed. The evolution of their structure and magnetic properties after annealing and ion doping was studied by XRD and SIMS methods. It has been shown that the implantation of N+ ions can reduce both the temperature and the annealing time required to promote diffusion-structural phase transitions. It is concluded that the use of ion doping is a promising way to create a self-organizing method of heterostructure forming. The fifth section o dissertation contains the results of studies of multilayer structures Co/Si, Mo/Si and AlN/GaN after their modification by ion implantation of impurities. A new effect is found, which consists in increasing the nominal thickness of the existence of the amorphous-cluster state of cobalt films and delaying the subsequent explosive crystallization of the growing cobalt film due to doping with carbon atoms. It is shown that the accumulation of oxygen at the Mo/Si interfaces is one of the main causes of degradation of the multilayer structure during overheating. 3D-measurements of ToF-SIMS revealed the penetration of silicon into molybdenum.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Романюк Борис Миколайович
2. Romanyuk Borys M.

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ільченко Володимир Васильович
2. Il□chenko Volodymyr V.

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Руденко Едуард Михайлович
2. Rudenko Eduard M.

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Клюй Микола Іванович
2. Klyui Nikolay I.

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Євтух Анатолій Антонович
2. Evtukh Anatoliy A.

Кваліфікація: д.ф.-м.н., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Лисенко Володимир Сергійович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Лисенко Володимир Сергійович
Відповідальний за підготовку облікових документів	
Реєстратор	
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Т.А.