Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0418U003855

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 26-11-2018

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Суховій Ніна Олегівна

2. Sukhovii Nina

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: кандидат наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 05.27.01

Назва наукової спеціальності: Твердотільна електроніка

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 20-11-2018

Спеціальність за освітою: Мікроелектроніка і напівпровідникові прилади

Місце роботи здобувача: Державне підприємство "Науково-дослідний інститут мікроприладів" НТК "Інститут монокристалів" НАН України

Код за ЄДРПОУ: 14308827

Місцезнаходження: вул. Північно-Сирецька, б. 3, м. Київ, Київ, 04136, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Державний комітет промислової політики України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 26.002.08

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: пр. Перемоги, 37, корп. 1, м. Київ, Київська обл., 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: Державне підприємство "Науково-дослідний інститут мікроприладів" НТК "Інститут монокристалів" НАН України

Код за ЄДРПОУ: 14308827

Місцезнаходження: вул. Північно-Сирецька, б. 3, м. Київ, Київ, 04136, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Державний комітет промислової політики України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: пр. Перемоги, 37, корп. 1, м. Київ, Київська обл., 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 47.33

Тема дисертації:

1. Нанотемплети для гетероструктур нітридів III групи

2. Nanotemplates for heterostructures of nitrides of group III

Реферат/анотація:

1. Дисертація присвячена комплексному дослідженню застосувань і розробок технологічних рішень щодо формування нанотемплетів для гетероструктур III-нітридів, в тому числі з неполярною кристалографічною орієнтацією, щодо забезпечення малодефектності і можливості одержання наноструктур (наностержнів, квантових точок, тощо) для їх практичної реалізації в оптоелектронних інтегральних схемах. На базі запропонованої спрощеної математичної моделі процесу зародження дефектів у тривимірних наноструктурах розглянуто критерії вибору і розрахунку темплетних параметрів (співвідношення радіусу і глибини нанопір) для забезпечення малодефектності гетероструктур. Розглянуто крітерії щодо моделювання зародкоутворення дефектів у наноструктурах з тривимірним обмеженнням із застосуванням нанотемплетів з метою забезпечення низької щільності дислокацій гетероструктур. Визначено, що розроблені нано-темплети анодованого оксиду алюмінію, що сформовані у розчині 0,05М щавлевої кислоти, можуть забезпечити задовільну однорідність та періодичність пір, а статистичний розподіл їх діаметрів по площі поверхні, як було встановлено за допомогою атомно-силового мікроскопу, характеризується бімодальністю: переважна їх кількість визначалася діаметрами ~20-30 нм або 55-100 нм, що згідно запропонованої спрощеної математичної моделі, забезпечує доцільність розгляду таких нано-темплетів в дослідах щодо забезпечення як низької щільності дислокацій, так і контрольованості розміру і розташування наноструктур. Досліджено і доведено можливість використання на кремнії нано-темплетів анодного оксиду алюмінію, оптимальних згідно запропонованої спрощеної математичної моделі щодо процесу зародження дефектів, для росту методом хлорид-гідридної газофазної епітаксії неполярного □-GaN з кристалографічною орієнтацією (112 □0) і низькою щільністю дефектів упаковки, порівняною з результатами на основі методів одноступеневого латерального зростання або за допомогою буферних шарів на сапфірі і на карбіді кремнію, відповідно. Досліджено і розроблено технологічний процес, що не є літографічним, щодо формування неполярних нано гетероструктур III-нітридів з низькою щільністю дефектів і можливістю здійснення контролю розмірів і розташування (нанодротів, нанокілець та квантових точок) на основі передачі малюнку гексагональних нано пор темплетів анодованого оксиду алюмінію на маску SiO2. При дослідженні методом просвічуючої електронної мікроскопії встановлено, що перерізи масивів наностержнів GaN мають вертикальні бічні стінки, конусоподібне обрамлення, і висота їх визначається товщиною SiO2 маски, а щільність дислокацій при цьому становить ~3x106 см-2. Проведені дослідження фотолюмінісцентних характеристик гетероструктур з 4-періодними GaN/InGaN квантовими ямами, сформованими на системі GaN наностержнів і на планарних GaN шарах. Було продемонстровано, що інтенсивність піку фотолюмінісценції структур з GaN/InGaN квантовими ямами на наностержнях втричі вища порівняно з планарним варіантом, що можна пояснити наявністю квантових точок і квантових кілець на фасетованих поверхнях. При цьому пік максимуму випромінювання (464нм) зміщений на 36 нм у довгохвильову область (максимум - 500нм), що свідчить про збільшення частки індію у квантовій ямі завдяки конусоподібному обрамленню, що для фасетованих поверхонь наностержнів зумовлює неполярну і напівполярну кристалографічну орієнтацію і, відповідно, можливість потрапляння більшої долі індію в кристалічну гратку InGaN. Розглянуто застосування одержаних нанотемплетів текстурованого сапфіру для УФ-фотодіодів і шарів акумулювання енергії, що можуть використовуватися в оптоелектронних інтегральних схемах космічного, біологічного та військового призначення завдяки високій термічній, хімічній та радіаційній стійкості сапфіру і III-нітридів, де традиційний кремній не підходить. Для шарів GaN, сформованих на нанотемплетах текстурованого сапфіру отримано низьку щільність дислокації проростання (~ 5x106 см -2), порівняну з шарами, сформованими за методикою епітаксійного бічного зарощування. Щільність дислокацій визначалася на основі дифузійної довжини нерівноважних носіїв за допомогою методу струмів, індукованих електронним променем. Для УФ GaN фотодіодів з бар'єром Шоткі показано, що структури, сформовані на нанотемплетах текстурованого сапфіру, порівняно з фотодіодами без нанотемплетів, забезпечують крутіший довгохвильовий (375-475 нм) край нормованої фоточутливості, зменшуючи її на порядок в цьому діапазоні, що дозволяє обходитись без спеціальних фільтрів. Для шарів акумуляції енергії в одному MOCVD технологічному циклі на нанотемплетах текстурованого сапфіру запропоновано формувати, нанокарбіди, консолідовані фази AlCN або BCN в потоці триметилу алюмінію або триетилу бору, відповідно, а також шари гексагонального нітриду бору (h-BN), в

який може бути інкапсульований графен. Ключові слова: нанотемплети, гетероструктури, нітриди III групи, малодефектність, анодований оксид алюмінію.

2. This work studies application and development of technological solutions for the formation of nano-templates for heterostructures of III-nitrides, including those with nonpolar crystallographic orientation, in order to ensure a low density of defects and the possibility of obtaining nanostructures (nanorods, quantum dots, etc.) for their practical implementation in optoelectronic integrated circuits. The the approach to defect nucleation modeling in three-dimensional confined nanoislands of templated nanostructures was considered in order to ensure a low density of dislocation of heterostructures. It is determined that the developed nano-templates of anodized aluminum oxide formed in a solution of 0,05M oxalic acid can provide satisfactory homogeneity and periodicity of pores, and the statistical distribution of their diameters over the surface area, as established by atomic force microscope, is characterized by a bimodality: their predominant number was determined by diameters of ~ 20-30 nm or 55-100 nm, which, according to the proposed simplified mathematical model, may provide expediency for considering such nano-templates in experiments to ensure for low dislocation density and controllable size and location of nanostructures. It was investigated and proved the possibility of using on the silicon anodic alumina nano-templates, optimal according to the simplified mathematical model of the defect generation process, for growth by the method of chloride-hydride gas-phase epitaxy of non-polar □-GaN with crystallographic orientation (112 □0) and low stacking fault defect density, compared with results on the basis of methods of one-stage lateral growth or using buffer layers on sapphire and silicon carbide, respectively. The technological process, which is not lithographic, is investigated and developed in relation to the formation of nonpolar nano-heterostructures of III-nitrides with low defect density and the ability to control the size and location (nanowires, nanoclusters and quantum dots) on the basis of the transfer of a picture from hexagonal nano pores from anodized oxide templates aluminum on a SiO2 mask. In a study by the method of translucent electron microscopy, it was determined that the cross sections of GaN nanorods have vertical side walls, cone-shaped frame, and their height is determined by the thickness of the SiO2 mask, and the density of the dislocations at the same time is ~ 3x106 cm-2. However, for the MOCVD epitaxy (horizontal reactor, EPIQUIP equipment), thermodynamic parameters (temperature, pressure) and precursors were experimentally determined, in which nanopores with a radius of <10 nm were formed on the sapphire surface. It was shown that It was possible to grow heteroepitaxial layers of III-nitrides with a low density of dislocations, as well as to form consolidated phases of nanocarbides encapsulated in the atomic structure of aluminum or boron carbonitride on the obtained templates of nanotexted sapphire in one technological cycle. The application of the obtained nano-templates of textured sapphire was considered for UV photodiodes and energy storage layers that can be used in optoelectronic integrated circuits for space, biological and military purposes due to the high thermal, chemical and radiation resistance of both sapphire and III-nitrides, where the traditional silicon does not fit. It was obtained low dislocation density (~ 5x106 cm -2) comparable to structures formed by the method using epitaxial lateral overgrowth for GaN layers formed on such nano-templates of textured sapphire. The dislocation density was determined on the basis of the diffusion length of nonequilibrium carriers through the electron-beam-induced current method. For UV GaN photodiodes with Schottky barrier, it is shown that the structures formed on nano-templates of textured sapphire, in comparison with photodiodes without nano-templates, provide a steeper long-wave (375-475 nm) edge of normalized photosensitivity, decreasing it by an order of magnitude in this range , which allows to handle without special filters. For energy accumulation layers, in one MOCVD technological cycle on the textured sapphire nano-templates, it was proposed to form nano-carbides, consolidated AlCN or BCN phases in a stream of trimethyl aluminum or triethyl boron, respectively, as well as layers of hexagonal boron nitride (h-BN), in which graphene can be encapsulated. Keywords: nanotemplate, heterostructures, nitrides of the III group, little defect, anodized aluminum oxide, photodetectors.

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. Осінський Володимир Іванович

2. Osynskyi Volodymyr

Кваліфікація: д. т. н., 05.27.01

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. Большакова Інесса Антонівна

2. Bolshakova Inessa

Кваліфікація: д. т. н., 05.27.01

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. Лебедєва Тетяна Станіславівна

2. Lebedeva Tetyana

Кваліфікація: к. т. н., 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради Вербицький Володимир Григорович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні Вербицький Володимир Григорович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Реєстратор

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності Юрченко Т.А.