

Дослідження новітніх напівпровідникових наноматеріалів і їх сполук для впровадження у технологіях виготовлення низькорозмірних електронних приладів

Исследование новейших полупроводниковых наноматериалов и их соединений для использования в технологиях изготовления низкоразмерных электронных приборов

Investigation of the novel semiconductor materials and compounds for implementation in the low-dimensional electron devices manufacturing technologies.

1. Номер державної реєстрації теми - 0111U000774, НТУУ «КПІ» - 2428-п.

2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Тимофєєв В.І., Тимофеев В.И., Timofeev Volodymyr Ivanovych.

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Проведено дослідження наноматеріалів і прогнозування можливостей тринітридів щодо їх використання для створення надшвидкодіючих і надвисокочастотних компонентів мікро- і наноелектроніки. Виконаний аналіз динамічних та високочастотних властивостей тринітридів показав можливість їх використання для створення приладів на частоти до сотень гігагерц та формування пікосекундних імпульсів.

Розроблено математичні моделі для аналізу динамічних властивостей резонансно-тунельних діодів, створено програмний застосунок, придатний для аналізу і візуалізації характеристик та проектування резонансно-тунельних діодів та надграткових наноструктур.

Проведено моделювання електричних параметрів структур низької розмірності, в тому числі двоперехідних польових гетеротранзисторів та транзисторів з квантовими точками.

(рос.)

Проведено исследование наноматериалов и прогнозирование возможностей тринитридов для использования при создании сверхбыстродействующих и сверхвысокочастотных компонентов микро- и наноэлектроники. Проведенный анализ динамических и высокочастотных свойств тринитридов показал возможность их использования для создания приборов на частоты до сотен гигагерц и формирования пикосекундных импульсов.

Разработаны математические модели для анализа динамических свойств резонансно-туннельных диодов, создано программное приложение, пригодное для анализа и визуализации характеристик и проектирования резонансно-туннельных диодов и сверхрешеточных наноструктур.

Проведено моделирование электрических параметров структур низкой размерности, в том числе двухпереходных полевых гетеротранзисторов и транзисторов с квантовыми точками.

(англ.)

Investigation of nanomaterials and prediction of ternary nitrides abilities was carried out for application in the development of ultrahighfrequency micro- and nanoelectronics components. Analysis of dynamical and highfrequency properties of ternary nitrides has shown the possibilities of its application for device development for frequencies up to the hundreds of gigahertz and formation of picosecond pulses.

Mathematical models for analysis of the dynamical properties of resonant-tunneling diodes were developed; application were developed intended for analysis and visualization of characteristics and design of resonant-tunneling diodes for superlattices nanostructures.

Modeling of electrical parameters of the low-dimensional structures was carried out, incl. double-junction field-effect heterotransistors and quantum dot transistors.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

– патент 89911 Україна, МПК⁹ G01R 31/26, H01L 21/66.

– заявка Україна, а 2010 01842, МПК¹⁰ G01N 25/18.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати за підходами в цілому відповідають світовому рівню, а прогнози властивостей матеріалів щодо швидкодії та імпульсних характеристик не мають аналогів у світовій практиці. Розроблені моделі резонансно-тунельних діодів дозволяють передбачати та пояснювати деякі «аномальні» прояви квантових ефектів на характеристиках.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Використання широкозонних матеріалів нітридної групи відкриває нові можливості щодо створення на їх основі напівпровідникових структур з низькорозмірними елементами, які поєднують можливості отримання як більш швидкодіючих, так і більш потужних електронних приладів у порівнянні з існуючими приладами на сполуках A^3B^5 . При цьому такі прилади (діодні і транзисторні структури) будуть мати більш сталі характеристики по відношенню до зовнішніх факторів (зокрема, температури) і внаслідок більш широкозонної енергетичної структури, зможуть розсіювати більші потужності. Вплив розігрівних ефектів на вихідні характеристики у зазначених структурах проявляється меншою мірою, що дає можливість реалізувати конструкції більш швидкодіючих і потужних польових транзисторів з квантовими системами, а також гетеробіполярних транзисторів.

Отримані математичні моделі дозволяють описувати «тонкі» фізичні процеси у транзисторних і діодних структурах, що можуть бути використані для розробки їх топології і конструкцій із заданими характеристиками

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Результати роботи можуть бути впроваджені у пошукових дослідженнях, пов'язаних з розробкою технологій і конструкцій електронних компонентів у науково-дослідних установах і на підприємствах електронної промисловості, включаючи проекти Державної цільової науково-технічної програми "Нанотехнології та наноматеріали" на 2010-2014 роки. Розроблені алгоритми і програмні засоби будуть запропоновані для використання при проектуванні на НВО "Сатурн", "Оріон", НДІ «Мікроприлад». Математичні моделі і програми моделювання, одержані при виконанні роботи, можна рекомендувати як основу для створення теорії і основ технології нових за принципами роботи електронних приладів.

8. Стан готовності розробки.

Розроблений застосунок щодо моделювання резонансно-тунельних діодів є закінченим програмним продуктом, викладено на сайті кафедри з вільним доступом для зовнішніх користувачів.

9. Існуючі результати впровадження.

Основні положення роботи впроваджені у навчальному посібнику «Надшвидкодіючі прилади електроніки» та однойменному курсі та курсах «Основи наноелектроніки», «Мікро-і наносистеми» "За матеріалами роботи захищено 3 кандидатські дисертації.: Фалеева О. М. «Моделювання субмікронних гетеротранзисторів з низькорозмірними системами», Семеновська О. В. «Моделювання електротеплових процесів у субмікронних гетероструктурах», Федяй А.В. «Електронний транспорт та квантово-розмірні ефекти в резонансно-тунельному діоді».

10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ"КПІ", факультет електроніки, кафедра фізичної та біомедичної електроніки,
454-90-64, mosk@phbme.ntu-kpi.kiev.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Тимофеев В. И. Методика расчета теплового сопротивления субмикронного гетероструктурного транзистора / В.И. Тимофеев, Е.В. Семеновская // Техника и приборы СВЧ. – Одесса: «Политехпериодика», 2011. – № 1, с.53 – 60.

2. Пат. 96061 Україна, МПК⁹ G01R 31/26, H01L 21/66. Спосіб визначення теплового опору кристалу субмікронного транзистора / Семеновська О.В., Тимофеев В.І.; заявл. 19.02.10; опубл. 26.09.11, Бюл. № 5.

3. *Faleyeva E.M., Timofeyev V.I.* Output characteristics of heterotransistors with QDs simulation features. Proceedings of the XXXI International Scientific conf. "Electronics and Nanotechnology". 2011.P.95.
4. *Moskaliuk V.A., Timofeyev V.I.* Materials for Electronic Nanocomponents. Proceedings of the XXXI International Scientific conf. "Electronics and Nanotechnology". 2011. P.2.
5. *Tkachuk V.S., Timofeyev V.I.* Numerical simulation of field effect transistors on nanotubes. Proceedings of the XXXI International Scientific conf. "Electronics and Nanotechnology".2011.P.57
6. *Фалеева Е.М., Тимофеев В.И.* Особенности моделирования выходных характеристик гетеротранзистора с квантовыми точками // «Электроника и связь», 2011, вып.1, с.30-33.
7. *Тимофеев В.И., Фалеева Е.М.* Моделирование двухканального гетеротранзистора с прямоугольными квантовыми ямами и квантовыми точками // Материалы 21-ой междунаро. конф."СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" 2011. Севастополь. с.251-252.
8. *Москалюк В.О., Овчарук М.Г.* Оцінка властивостей тринітридів у сильному електричному полі. Н.-техн. сб. "Электроника и связь", тематический выпуск «электроника и нанотехнологии», № 2, 2011, с. 52-56.
9. *Москалюк В.О., Федяй А.В., Ярошенко О.Ю.* Прикладна програма для моделювання переносу заряду в квантово-розмірних гетероструктурах з графічним інтерфейсом користувача. Н.-техн. сб. "Электроника и связь", тематический выпуск «электроника и нанотехнологии», № 1, 2011, с. 48-53.
10. *Москалюк В.А., Федяй А.В.* Метод нахождения резонансных уровней энергии при многозонном моделировании гетероструктур, Техника и приборы СВЧ.– Одесса: «Политехперіодика»,2011.–№1.–С.43–48.
11. *Москалюк В.А. Федяй А.В.* Моделирование артефактов на ВАХ резонансно-туннельного диода/ // 21-я Международная конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». – Севастополь. – 12-16 сентября 2011 г. – с. 787–788.
12. *Moskaliuk V.A., Timofeyev V.I.,* Materials for Electronic Nanocomponents. //Proceedings of the XXXI International Scientific conf. "Electronics and Nanotechnology". 2011. P.2.
13. *Moskaliuk V., Ovcharuk M., Uvarova I.* Proceedings of the XXXII International Scientific conf. "Electronics and Nanotechnology". 2012. P.96-97.
14. *Тимофеев В. И., Федяй А.В., Москалюк В.О.* Електронні компоненти на основі низькорозмірних структур //XXXII International Scientific conf. "Electronics and Nanotechnology". 2012.
15. *Федяй А.В., Москалюк В.О.* Hierarchical Approach to Resonant-Tunneling Diode Modeling //Proceedings of the XXXII International Scientific conf. "Electronics and Nanotechnology". 2012. P.58-59
16. *Федяй А.В., Москалюк В.О.* Метод Хартри и приближение линейного падения потенциала для моделирования резонансно-туннельного диода//Сб. науч.тр. V междунар. Научной конф. «Функциональная база нанoeлектроники», 30.09-5.10.2012, Харьков-Кацивели, с.42-45.
17. *Москалюк В.А.,Тимофеев В.И., Федяй А.В.* Сверхбыстродействующие приборы электроники, навчальний посібник з грифом НТУУ «КПІ»; К.: НТУУ "КПІ", 2012. Сертифікат НМУ № Е 11/12-234; 479 с.
18. *Kustov I., Timofeyev V.* Model of Electric Response of BioNanosensor / Proceedings of the XXXII International Scientific Conference ELNANO 2012 «ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY», April 12-14, 2012. Kyiv.P.170-171.