

«Дослідження новітніх напівпровідникових наноприладів і нанокomпонентів інтегральних схем на основі квантових одно- і двовимірних структур»

«Исследование новейших полупроводниковых наноприборов и нанокomпонентов интегральных схем на основе квантовых одно- и двумерных структур»

“Investigation of modern semiconductor nanodevices and nanocomponents of integral circuits, based on 1D and 2D structures”

1. **Номер державної реєстрації НДР 0109U000658,**
2. **Науковий керівник д. т.н., проф.. *В.І.Тимофєєв***
Научный руководитель д. т.н., проф.. *В.И.Тимофеев*
Under direction of Dr. V. Timofeev .
3. **Суть розробки, основні результати.**

укр.

Використовуючи аналітичні вирази для часів релаксації імпульсу і енергії при різних механізмах розсіяння, зроблені оцінки динамічних властивостей тринітридних сполук (InN, GaN, AlN) у сильних електричних полях. Розраховані поле-температурні залежності, функції заселеності долин і поле-швидкісні характеристики в сильному полі для нітридів з різними модифікаціями кристалічної решітки (кубічної та гексагональної). Результати розрахунків співставлені з наявними експериментальними даними і розрахунками інших авторів. Розроблено програми моделювання електрофізичних та схемних параметрів модульовано легованих гетеротранзисторів з квантовими точками, вбудованими в канал з двовимірним електронним газом. Показано, що такі транзистори мають вищі концентрації двовимірних електронів та їх рухливість, що обумовлено як електронами гетеропереходу, так і електронами, інжекткованими з квантових точок. Розроблено модель польового транзистора на основі вуглецевих нанотрубок. Створено програми моделювання двобар'єрного резонансно-тунельного діоду з високолегованими нанометровими шарами напівпровідникових сполук, засновані на узгодженому розв'язку рівнянь Шредінгера та Пуассона для огинаючої хвильової функції.

рос.

Используя аналитические выражения для времен релаксации импульса и энергии при разных механизмах рассеяния, сделаны оценки динамических свойств тринитридных соединений (InN, GaN, AlN) в сильных электрических полях. Рассчитаны поле-температурные зависимости, функции заселенности долин и поле-скоростные характеристики в сильном поле для нитридов с разными модификациями кристаллической решетки (кубической и гексагональной). Результаты расчетов сопоставлены с имеющимися экспериментальными данными и расчетами других авторов. Разработаны программы моделирования электрофизических и схемных

параметров модулировано легированных гетеротранзисторов с квантовыми точками, встроенными в канал с двумерным электронным газом. Показано, что такие транзисторы имеют более высокие концентрации двумерных электронов и их подвижность, что обусловлено как электронами гетероперехода, так и электронами, инжектированными из квантовых точек. Разработана модель полевого транзистора на основе углеродных нанотрубок. Созданы программы моделирования двухбарьерного резонансно-туннельного диода с высоколегированными нанометровыми слоями полупроводниковых соединений, основанные на согласованном решении уравнений Шредингера и Пуассона для огибающей волновой функции.

англ.

Estimations for the dynamical properties of tree-nitrides compounds (InN, GaN, AlN) were obtained, using semi-analytical expressions for momentum and energy mean free times in strong fields. Field-temperature dependences, occupation of the valleys, velocity-field characteristics in strong fields with different modifications of crystal lattice (cubic and hexagonal) were calculated. These results were compared with existent experimental data, calculated by other authors. Simulation programs, calculating electrophysicals and schematic parameters of the modulation doped heterotransistors with quantum dots, built into the channel with 2D electron gas were developed. It was shown that such transistors shows enhanced 2D electrons concentration and mobility due to electrons, injecting from heterojunction as well as electrons from quantum dots. Model of field effect transistor with nanotubes were developed as well. Simulation programs for resonant-tunneling diode (RTD) were developed. They based on self-consistent Shcrodinger-Poisson equations for envelope function and allow modeling RTD with nano-sized layers of semiconductor compounds, formed RTD.

Theoretical results of investigation were adopted into educational process in special courses “Physics of electrons processes”, “Nanoelectronics fundamentals”, “Ultra-high-speed electron devices”. Two Ph.D. theses were prepared and passed to specialized Academic Senate. Technical solution were developed and passed to such enterprises as “Saturn”, “Orion”, “Mirrad” (all are Kiev enterprises).

4. Наявність охоронних документів на об’єкти права інтелектуальної власності:

Пат. 89911 Україна, МПК⁹ G01R 31/26, H01L 21/66. Спосіб визначення теплового опору кристалу субмікронного транзистора / Семеновська О.В., Тимофєєв В.І.; заявл. 31.10.08; опубл. 10.03.10, Бюл. № 5.

Заявка Україна, а 2010 01842, МПК¹⁰ G01N 25/18. Спосіб визначення теплового опору кристалу субмікронного транзистора / Семеновська О.В., Тимофєєв В.І. (Україна) Заявл. 19.02.2010, Опубл. 15.10.10, Офіційний бюлетень Винаходи. Корисні моделі. Топографії інтегральних мікросхем № 5 .-24 с.:іл.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати досліджень відповідають досягненням світового рівня, а за деякими параметрами їх перевищують.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Використання результатів досліджень може суттєво підвищити адекватність моделювання і тим самим значно скоротити процес і вартість розробки надшвидкодіючих електронних компонентів. Економічні розрахунки не проводились.

7. **Потенційні користувачі** – наукові установи та навчальні заклади відповідного профілю, підприємства з виробництва та проектування електронних засобів (у м. Києві – «Сатурн», «Оріон», «Міррад»).

8. **Стан готовності розробки** – технічна документація.

9. **Існуючі результати впровадження** – Розроблені технічні рішення і результати розрахунків передано для застосування на таких підприємствах м. Києва, як «Сатурн», «Оріон», «Міррад».

10. Кафедра фізичної та біомедичної електроніки, тел.. 454-90-64, e-mail: mosk@phbme.ntu-kpi.kiev.ua.

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

1. Тимофеев В.И. Анализ схемных параметров субмикронных гетероструктур с квантовыми точками / В.И. Тимофеев, Е.М. Фалеева // Электроника и связь : Тематический выпуск "Проблемы электроники", ч. 2. – К. : НТУУ "КПИ", ДУИКТ, 2009. – №4-5. – С. 32-34.

2. Timofeyev V.I. The Relaxation Processes Analysis in the Submicron Heterojunction Transistor with Quantum Dots / V.I. Timofeyev, E.M. Faleeva // ISSE 2009 32nd International Spring Seminar on Electronics Technology, May 13-17 2009. – Brno, Czech Republic. – P. 262-263.

3. Timofeyev V.I. Small-signal and Noise Parameters of Heterotransistor with Quantum Dots / V.I. Timofeyev, E.M. Faleeva // ISSE 2010 33rd International Spring Seminar on Electronics Technology "Polymer Electronics and Nanotechnologies: towards System Integration", May 12-16 2010. – Warsaw, Poland. – P. 224-226.

4. Timofeyev V. I. Model of Heterotransistor with Quantum Dots / V. I. Timofeyev, E. M. Faleeva // Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics. – 2010. – Vol. 13. – №2. – P. 186-188.

5. Тимофеев В.И. Моделирование двухканального гетеротранзистора с квантовыми точками / В.И. Тимофеев, Е.М. Фалеева // СВЧ техника и телекоммуникационные технологии: 20-я Международная крымская конференция, 13-17 сент. 2010 г.: материалы конф. – Севастополь: Вебер, 2010. – С. 846-847.

6. Фалеева Е.М. Зависимость шумовых характеристик субмикронных гетеротранзисторов с квантовыми точками от параметров квантовых точек / Е.М Фалеева // Сучасні інформаційно-комунікаційні технології: VI Міжнар. наук.-техн. конф. (COMINFO'2010), 04-08 жов. 2010 р.: збірник тез. – К. : ДУИКТ, 2010. – С. 147– 148.

7. Семеновская Е.В. Влияние электротеплового режима на частотные характеристики КВЧ устройств на гетеробиполярных транзисторах / Е.В. Семеновская, В.И. Тимофеев // Электроника и связь. – 2009. – № 1. – С.32–35.
8. Пат. 89911 Україна, МПК⁹ G01R 31/26, H01L 21/66. Спосіб визначення теплового опору кристалу субмікронного транзистора / Семеновська О.В., Тимофеев В.І.; заявл. 31.10.08; опубл. 10.03.10, Бюл. № 5.
9. Заявка Україна, а 2010 01842, МПК¹⁰ G01N 25/18. Спосіб визначення теплового опору кристалу субмікронного транзистора / Семеновська О.В., Тимофеев В.І. (Україна) Заявл. 19.02.2010, Опубл. 15.10.10, Офіційний бюлетень Винаходи. Корисні моделі. Топографії інтегральних мікросхем № 5 .-24 с.:іл.
10. Тимофеев В.И. Расчет теплового сопротивления монолитных интегральных схем на основе соединений A^3B^5 / В.И. Тимофеев, Е.В. Семеновская // VI Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології».– Київ: COMINFO'2010-Livadia. – 2010. – С. 145 –146.
11. В.И. Тимофеев, В.А.Москалюк. «Перспективные наноструктуры и наноконпоненты электроники» «Электроника и связь», 2010, выпуск №2, С.14-27
12. В.И. Тимофеев , Г.В.Яременко «Моделирование полевого транзистора на нанонитях» «Электроника и связь», 2010, выпуск №5, С.5-8
13. Москалюк В.А., Овчарук М.Г. Электрические свойства нитрида алюминия в сильном поле. Н.-техн. сб. “Электроника и связь”, тематический выпуск «электроника и нанотехнологии», № 3, 2010, с. 38-42.
14. Москалюк В.О., Федяй А.В. Однозонная самосогласованная модель резонансно-туннельного диода // Тези доп. VI міжн. н.-техн. конф. «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології /COMINFO'2010/», с. 149–150.
15. Moskaliuk V., Timofeev V., Fedyay A. Simulation of transverse electron transport in resonant tunneling diode // Abstracts Proceedings of 33nd International Spring Seminar on Electronics Technology “ISSE 2010”. – ISBN 978-1-4244-7849-1.
16. Moskaliuk V., Fedyay A. Simplified analytical model of resonant-tunneling diode // Abstracts Proceedings of 32nd International Spring Seminar on Electronics Technology “ISSE 2009”. – ISBN 978-80-214-3874-3
17. Федяй А.В., Тисный И.С. Моделирование резонансно-туннельного диода методом функций Эйри // Н.–техн. сб. «Электроника и связь», тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии», ч.1, № 2-3, 2009, с. 19-21.
18. Москалюк В.А., Федяй А.В. Проблемы моделирования компонентов нанoeлектроники на примере резонансно-туннельного диода // Тези доп. II

міжн. н.-техн. конф. «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології /COMINFO'2008/», с. 109.

19. *Москалюк В.А., Овчарук М.Г.* Тринитриды – перспективные полупроводниковые материалы // Тези доп. міжн. н.-техн. конф. «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології /COMINFO'2010/», с. 150.