# Облікова картка ДіР

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0214U008213

**Державний реєстраційний номер:** 0113U000389

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 11-12-2014

## II. Етап виконання ДіР

**Номер етапу:** 1

**Назва етапу:** Дослідження динамічних властивостей новітніх напівпровідникових наноматеріалів і нанокомпонентів

**Початок етапу:** 01.2013

**Закінчення етапу:** 12.2014

**Вид звітного документа:** Остаточний звіт

## III. Відомості про виконавця ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:**

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 380-44-236-96-76

## IV. Відомості про співвиконавців ДіР

## V. Відомості про замовника ДіР

**Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи):** Інститут енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України "Київський Політехнічний Інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 00027677

**Місцезнаходження:** пр. Перемоги 37, м. Київ, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Розмір організації:**

**Телефон:** 0442048428

## VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

**Підстава для проведення ДіР:** 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

**Напрям фінансування:** 2.2 - прикладні дослідження і розробки

### Джерела фінансування

**7713 - кошти держбюджету**

**Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК):** 2201040

| |
|---|
| **Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.):** 400 |

## VII. Відомості про ДіР

### Назва роботи українською:

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НОВІТНІХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ І НАНОКОМПОНЕНТІВ

### Назва роботи англійською:

Investigation of the dynamic properties of the newest semicoductor nanomaterials and nanocomponents

### Реферат українською:

Робота пов'язана з дослідженням наноматеріалів і наноструктур для створення надшвидкодійних і надвисокочастотних компонентів мікро- і наноелектроніки. 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 A3B5. Досліджено динамічні властивості напівпровідникових сполук як реакцію дрейфових процесів на імпульсне електричне поле для сполук InN, GaN та AlN з кубічною та гексагональною структурою. Визначено довжини балістичного пробігу за різних амплітуд та тривалостях переднього фронту імпульсу. Встановлено, що гранична частота, яка визначається інерційністю процесів розсіювання імпульсу та міждолинних переходів, але здебільшого часом релаксації енергії, має значення порядку сотень і навіть тисяч гігагерців, зменшуючись із зростанням напруженості електричного поля. Створено математичні моделі низки компонентів з поперечним та поздовжнім квантовим транспортом, а також досліджено квантоворозмірні ефекти, які виникають у компонентах наноелектроніки. Розроблено математичні моделі, за допомогою яких на основі енергетичних, польових і ін. залежностей носіїв заряду проведено аналіз поле-швидкісних характеристик гетеротранзисторів з двома квантовими ямами і системами квантових точок (КТ) Розроблена методика і алгоритм врахування впливу КТ на подовжній транспорт носіїв заряду в гетеротранзисторі. Показано, що вбудовування системи КТ в гетероперехід призводить до зростання швидкодії гетеротранзистора. Розроблено і верифіковано моделі сучасних резонансно-тунельних діодів, включаючи динамічні характеристики. Розроблено модель одноелектронного транзистора, побудованого на молекулі фенілдитіолу, яка дозволяє досліджувати фізичні процеси і режими функціонування транзистора в умовах кулонівської блокади та самоузгодженого електричного поля. Розроблено методику і проведено розрахунки характеристик світлодіодів на гетероструктурах. Розроблено математичну модель квантового каскадного лазера та досліджено надграткову структуру напівпровідникового лазера з довжиною хвилі 5 мкм.

### Реферат англійською:

This work is devoted to research of nanomaterials and nanostructures for creation of super-high speed and THz micro- and nanoelectronics components. Using of III-nitride wide gap materials opens new possibilities for creation on their basis low-dimensional semiconductor structures, which combine possibilities to get more fast-acting and more powerful electronic devices in comparison with existent A3B5 devices. The dynamic properties of semiconductor materials as reaction of drift processes on the impulsive electric field are investigated for InN, GaN and AlN with a cube and hexagonal structure. Lengths of ballistic motion are determined for different amplitudes and impulse durations. It is defined that maximum frequency which is determined the processes of impulse dispersion and intervalley transitions (but mostly by relaxation energy time) may be estimated how hundreds and thousands GHz, diminishing with growth of electric-field tension. The mathematical models of components with a transversal and longitudinal quantum transport are created and quantum dimension effects which arise up in the components of nano electronics are investigated. Mathematical models based on power, electric field and transport of charge dependences are developed and the analysis of field-velocity characteristics of heterotransistor with two quantum wells and systems of quantum dots (QD) are fulfilled. The technique to

consider the quantum dots influence on longitudinal charge carriers' transport in heterotransistor has been. It is shown that embedding of the system of QD in heterojunction results in growth of fast-acting of heterotransistor. The model of modern resonance-tunnel diodes is developed and verificated, including dynamic characteristics. The model of single-electron transistor, based on the molecule of fenildutiol is described and it allows to investigate physical processes and functioning regimes of transistor in the conditions of coulomb blockade and self-congruent electric-field. A method the analysis of light-emitting diodes characteristics is developed and their heterostructures are calculated. The mathematical model of quantum cascade laser is developed and it is investigational super lattice structure of semiconductor laser with a wave-length 5 micron.

**Індекс УДК:** 621.391, 621.382

**Коди тематичних рубрик:** 47.05.17

**Керівники роботи**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:** Тимофєєв Володимир Іванович

**Науковий ступінь:**

**Вчене звання:**

**Ідентифікатор ORCID ID:**

**Додаткова інформація:**

## VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

**Назва НТП українською:** Математичні моделі для аналізу динамічних властивостей резонансно-тунельних діодів та електричних параметрів структур низької розмірності з поперечним та поздовжнім квантовим транспортом; програмний комплекс, придатний для аналізу і візуалізації характеристик та проектування резонансно-тунельних діодів та надграткових наноструктур

**Назва НТП англійською:** Mathematical models for analysis of the dynamical properties of resonant-tunneling diodes were developed; modeling of electrical parameters of the low-dimensional structures with a transversal and longitudinal quantum transport was carried out, incl. double-junction field-effect heterotrsnsistors and quantum dot transistors

**НТП, яку передбачалося створити:**

**Причини, через які НТП не було створено:**

**Отримані результати:** моделі

**Галузь застосування:** Виробництво деталей електронного устаткування (32.10.0)

**Реєстраційний номер картки технології:**

**Опис НТП:** На основі двохелектродної структури одноелектронного транспорту була створена нова модель одноелектронного транзистора, побудованого на молекулі фенілдитіолу, яка дозволяє провести моделювання та аналіз вихідні характеристики моделі одноелектронного транзистора та їх залежність від параметрів і зовнішніх факторів. Дістала подального розвитку модель двоканального польового гетеротранзистора з вбудованими системами квантових точок, яка враховує фізичний механізм взаємодії квантових точок в квантовій ямі з двовимірним електронним газом у сильних електричних полях. Запропоновано математичну модель для вивчення зародкоутворення дислокацій в наноструктурах, які використовуються у приладах випромінювання світла. Розроблено методику розрахунку оптимальних темплетних параметрів згідно кривих умовно-бездислокаційного рельєфу і ступеню розузгодження ґратки.

**Соціально-економічна спрямованість НТП:**

**Вплив НТП на довкілля:**

**Впровадження НТП:** Не впроваджено

**Практична реалізація НТП**

**Початок етапу:** 2 роки

**Закінчення етапу:**

**Споживачі продукції:** НВО "Оріон", НВО "Сатурн", НДІ "Мікроприлад"

**Перспективні ринки:** Україна

**Характер співробітництва з інвестором**

**Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:**

**Права, що надаються інвестору після завершення роботи:**

**Наявність бізнес-плану:**

**Техніко-економічне обгрунтування:**

**Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:**

**Очікуваний термін окупності (років):**

**Додаткова інформація:**

## IX. Бібліографічний опис

1. Москалюк В.А., Тимофеев В.И., Федяй А.В. "Сверхбыстродействующие приборы электроники", навчальний посібник з грифом університету; К.: НТУУ "КПИ", 2012. Сертифікат НМУ № Е 11/12-234; 479 с. 2. Тимофєєв В.І. Навчальний посібник з грифом університету "Електронні кола надвисоких частот" . С.176 протокол метод. ради № 10 ; дата 20.06.2013 3. Москалюк В.О., Тимофєєв В.І., Федяй А.В. "Надшвидкодіючі прилади електроніки", навч. пос. з грифом МОНУ, вид. "Політехніка", Київ, 2014, С.528. 4. Москалюк В.А., Тимофеев ВІ., Федяй А.В. Быстродействующие приборы электроники, часть 1, монография, изд. LAMBERT ACADEMIC PUBLISHSNG, 2014, С.232. 5. Москалюк В.А., Тимофеев ВІ., Федяй А.В. Быстродействующие приборы электроники, часть 2, монография, изд. LAMBERT ACADEMIC PUBLISHSNG, 2014, С.210. 6. V.Timofeyev, E. Faleyeva / Two-channel heterotransistors with quatum dots systems // 2013 IEEE XXXIII International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology (ELNANO). - Kiev, Ukraine. - April 16-19, 2013. - C. 172 - 176. 7. V.Timofeyev, H. Semenovskaya / Thermal Resistance Of Power Submicron Heterojunction Field-Effect Transistors // 2013 IEEE XXXIII International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology (ELNANO). - Kiev, Ukraine. - April 16-19, 2013. - C. 47 - 50. 8. Bol K., Moskalyuk V. Modeling of velocity "overshoot" in the multivalley semiconductors, Proc. IEEE XXXIII International Scientific Conference ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY 2013 Kyiv, Ukraine p. 123-125. 9. Fediai A., Moskaliuk V. Modeling of resonant-tunneling diodes with uniform and graded emitter. Proc. IEEE XXXIII International Scientific Conference ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY 2013 Kyiv, Ukraine, p. 107-111. 10. Bol K., Moskaliuk V. Ballistic Transport in Treenitrids. Proc. IEEE XXXIV International Scientific Conference ELECTRONICS AND NANOTECHNOLOGY 2014 Kyiv, Ukraine, p. 168-170. 11. Тимофєєв В.І., Семеновська О.В., Фалєєва О.М., Ляхова Н.М., Осінський В.І., Суховій Н.О. Моделювання темплетних наноструктур. Н.-техн. сб. "Электроника и связь", тематический выпуск "электроника и нанотехнологии", № 5, 2014, (у друку). 12. Тимофєєв В.І., Фалєєва О.М. Аналіз процесів релаксації імпульсу та енергії у гетеротранзисторах з системами квантових точок. Н.-техн. сб. "Электроника и связь", тематический выпуск "электроника и нанотехнологии", № 6, 2014, (у друку). 13. Москалюк В.О., Боль К.К. Балистический транспорт в тринитридах. Н.-техн. сб. "Электроника и связь", тематический выпуск "электроника и нанотехнологии", № 6, 2014, (у друку). 14. V.Timofeyev, E.Faleeva, E.Semenovskaya, A.Andryushchenko, V.Osinsky, N.Lyahova, N.Sukhoviy / Simulation of Influence of Template Size on Misfit Dislocation in Nanostructures // 2014 IEEE 34th International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology (ELNANO) - Kiev, Ukraine. - April 15-18, 2014. - C. 191 - 193. 15. A.Fediai, D.Ryndyk and G.Cuniberti / Contact Properties of Ultrasmall Carbon Nanotube Transistors from Ab-initio // 2014 IEEE 34th International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kiev, Ukraine. - April 15-18, 2014. - pp. 110 - 114. 16. K.Bol, V.Moskaliuk / Ballistic Transport in Threenitrids // 2014 IEEE 34th International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kiev, Ukraine. - April 15-18, 2014. - pp. 168 - 170. 17. V.Timofeyev, E.Faleyeva / Relaxation processes analysis in heterotransistors with systems of quantum wells and quantum dots // 2014 IEEE 34th International Scientific Conference Electronics and Nanotechnology (ELNANO). - Kiev, Ukraine. - April 15-18, 2014. - C. 115 - 118.

## X. Заключні відомості

**Керівник юридичної особи** Якименко Юрій Іванович

**Перелік осіб-виконавців**

Конева Т.В.

Москалюк В.О.

Саурова Т.А.

Семеновська О.В.

Тимофєєв В.І.

**Відповідальний за підготовку облікових документів**

**Телефон**

**Реєстратор**

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності**