

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0525U000043

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-01-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бойко Ігор Володимирович

2. Igor Boyko

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2787-1845

Вид дисертації: доктор наук

Аспірантура/Докторантура: ні

Шифр наукової спеціальності: 01.04.02

Назва наукової спеціальності: Теоретична фізика

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 29-01-2025

Спеціальність за освітою: Педагогіка і методика середньої освіти. Фізика

Місце роботи здобувача: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Код за ЄДРПОУ: 05408102

Місцезнаходження: вул. Руська, буд. 56, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д 35.156.01

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Код за ЄДРПОУ: 05408102

Місцезнаходження: вул. Руська, буд. 56, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19.07, 29.19.23, 29.35.33, 29.35.37

Тема дисертації:

1. Теорія електронних процесів та взаємодії електронів з акустичними фононами у арсенідних та нітридних напівпровідникових наноструктурах
2. Theory of electronic processes and interaction of electrons with acoustic phonons in arsenide and nitride semiconductor nanostructures

Реферат:

1. Дисертаційну роботу присвячено теоретичним дослідженням електронних процесів, що відбуваються у багатошарових низьковимірних наносистемах – резонансно-тунельних структурах, при урахуванні чинників різної фізичної природи, які впливають на процеси електронного тунелювання та електронні спектральні параметри. Дані процеси можуть бути як зумовленими розмірним квантуванням у досліджуваних об'єктах, як для прикладу можливість генерації електромагнітного поля з різними частотами у електронних переходах, так і мати дисипативний характер, як наприклад електрон-фононна взаємодія. Дослідження, що подані у дисертації здійснювались шляхом побудови теоретичних й математичних моделей фізичних процесів разом із виконанням розрахунків на їх основі з використанням різних фізичних та геометричних параметрів

наносистем з подальшим аналізом та інтерпретацією отриманих результатів. У дисертаційній роботі досліджено електронний транспорт у відкритих наносистемах при урахуванні внеску статичного по динамічного просторових зарядів, з'ясовано їх дисипативний вплив на електронні квазістаціонарні стани. Досліджено можливості підсилення електронної провідності наносистем за рахунок генерації додаткових гармонік у квантових переходах. Розроблено метод розрахунку потенціальних схем нітридних наноструктур та обґрунтовано його ефективність. Розвинено теорію акустичних фононів в багатошарових нітридних та арсенідних наносистемах, досліджено типи цих фононів, та їхні спектри, а також п'єзоелектричний ефект пов'язаний з акустичними фононами. Досліджено взаємодію електронів та екситонів з акустичними фононами при відмінних від нуля температурах шляхом застосування мацубарівських функцій Гріна, вперше встановлено та проаналізовано механізми такої взаємодії через деформаційних та п'єзоелектричний потенціали. Здійснено розвиток методу відшукування квантово-механічних варіантів та варіаційних методів у застосуванні до тунельного транспорту в електрон-фононних системах та залежних від часу потенціалах.

2. The dissertation work is dedicated to theoretical studies of electronic processes occurring in multilayer low-dimensional nanosystems - resonant tunnel structures, taking into account factors of various physical natures that affect electron tunneling processes and electronic spectral parameters. These processes can be either due to size quantization in the objects under study, such as the possibility of generating an electromagnetic field with different frequencies in electronic transitions, or have a dissipative nature, such as electron-phonon interaction. The research presented in the dissertation was carried out by constructing theoretical and mathematical models of physical processes along with performing calculations based on them using various physical and geometric parameters of nanosystems, followed by analysis and interpretation of the results obtained. In the dissertation work, electron transport in open nanosystems was studied taking into account the contribution of static to dynamic space charges, and their dissipative influence on electronic quasi-stationary states was clarified. The possibilities of enhancing the electronic conductivity of nanosystems due to the generation of additional harmonics in quantum transitions have been studied. A method for calculating potential schemes of nitride nanostructures has been developed, and its effectiveness has been substantiated. The theory of acoustic phonons in multilayer nitride and arsenide nanosystems has been developed, the types of these phonons and their spectra have been studied, and the piezoelectric effect associated with acoustic phonons has been explored. The interaction of electrons and excitons with acoustic phonons at non-zero temperatures was studied using Matsubara Green's functions; the mechanisms of such interaction through deformation and piezoelectric potentials were established and analysed for the first time. The development of a method for determining quantum mechanical invariants and variational methods in their application to tunnel transport in electron-phonon systems and time-dependent potentials has been carried out.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0117U001151 0116U004744 0119U001324 0122U001979

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Ткач М. В., Сеті Ю. О., Бойко І. В., Гринишин Ю. Б.. Взаємодія електронів з обмеженими фононами у багатошаровій резонансно-тунельній структурі // Фіз. хім. тверд. тіла. - 2014. - Т. 15, № 1. - С. 20-28.
- Boyko I. V., Grynshyn Yu. B., Seti Ju. O., Tkach M. V. The influence of static and dynamic spatial charges on electronic active conductivity of three-barrier resonant tunneling structures // J. Phys. Stud. 2014. Vol. 18,

No. 4. P. 4702-1 –4702-10.

- Ткач М. В., Сеті Ю. О., Бойко І.В., Паньків М.В. Роль двофотонних електронних переходів у роботі квантових лазерів // Сенсор. електрон. мікросистем. технології., 2014. – Т. 111, № 4. – С. 9-17.
- Сеті Ю. О., Бойко І. В., Паньків М. В. Теорія динамічної провідності трибар'єрної резонансно-тунельної структури з двофотонними лазерними переходами // Фіз. хім. тверд. тіла. 2015. – Т. 16, № 1. – С. 7-13.
- Gryschnik A. M., Boiko I. V. Influence of dimensional static and dynamic charges on conduction in the active zone of a quantum cascade laser // Semicond. phys. quantum electron. optoelectron. 2015. Vol. 18, No. 2. P. 123-127.
- Boyko I. V., Petryk M. R., Tsupryk H. B. Contribution of two-photon detector electronic transitions in the formation of dynamic conductivity of three-barrier resonant tunneling structures // J. Nano- Electron. Phys. 2015. Vol. 7 No. 4, P. 04078.
- Boyko I.V. Role of Two-Photon Electronic Transitions in the Formation of Active Dynamic Conductivity in a Three-Barrier Resonance Tunneling Structure with an Applied DC Electric Field // Ukr. J. Phys. 2016. Vol. 61, No.1. P. 66-74.
- Boyko I. V., Gryschnik A. M. The Spectrum of Transverse Acoustic Phonons in Planar Multilayer Semiconductor Nanostructures // J. Nano- Electron. Phys. 2016. Vol. 8 No. 4, P. 04001.
- Бойко І. В., Гришук А. М. Вплив статичного та динамічного просторових зарядів на спектральні параметри та активну динамічну провідність резонансно-тунельних структур з постійним електричним полем // Фіз. хім. тверд. тіла. 2016. – Т. 17, № 1. – С. 21-30.
- Boyko I. V., Tkach M. V., Seti Ju. O. Self-Consistent Calculation of Potential Profile of GaN/AlN Resonance Tunneling Structures // Phys. Chem. Solid St. 2017. Vol. 18, No. 3. P. 288-296.
- Boyko I. V., Petryk M. R. Influence of the Space Charge on Tunneling of Electrons and Their Conductivity by the Resonance Tunneling Structures in the Constant Electric Field // J. Nano- Electron. Phys. 2017. Vol. 9, No 3, P. 03030.
- Boyko I. V. Anisotropic wurtzite resonance tunneling structures: stationary spectrum of electron and oscillator strengths of quantum transitions // J. Phys. Stud. 2018. Vol. 22, No 1. P. 1701.
- Boyko I. V. Analytical method for calculation of the potential profiles of nitride-based resonance tunneling structures // Condens. Matter Phys. 2018. Vol. 21, No. 4, P. 43701.
- Boyko I. V., Petryk M. R. Shear Acoustic Phonons in Multilayer Arsenide Semiconductor Nanostructures // J. Nano- Electron. Phys. 2019. Vol. 11, No 1. P.01019.
- Boyko I.V., Petryk M.R., Fraissard J. Spectrum and normalized modes of acoustic phonons in multilayer nitride-based nanostructure // Eur. Phys. J. B. 2020. Vol. 93, No. 3. P. 57.
- Boyko I.V., Petryk M.R., Fraissard J. Acoustic phonons in multilayer nitride-based AlN/GaN resonant tunneling structures // Nano Expres. 2020. Vol. 1 No 1. P. 010009.
- Boyko I. V. and Petryk M. R. Electron scattering on acoustic phonons in plane semiconductor GaN/AlN nanostructures // Proc. SPIE 11369, Fourteenth International Conference on Correlation Optics, 1136915 (6 February 2020); ISSN 0277786X.
- Boyko I. V., Petryk M. R. Interaction of electrons with acoustic phonons in AlN/GaN resonant tunnelling nanostructures at different temperatures // Condens. Matter Phys. 2020. Vol. 23, No. 3., P. 33708.
- Boyko I. V., Petryk M. R. Electron-acoustic Phonon Interaction in AlAs/GaAlAs Resonance Tunneling Nanostructures // J. Nano- Electron. Phys. 2020. Vol. 12, No 6, P. 06030.
- Boyko I. V., Petryk M. R., Fraissard J. Theory of the shear acoustic phonons spectrum and their interaction with electrons due to the piezoelectric potential in AlN/GaN nanostructures of plane symmetry // Low Temp. Phys. 2021. Vol. 47, No. 2. P. 159-172.
- Boyko I., Petryk M., Fraissard J. Investigation of the electron-acoustic phonon interaction via the deformation and piezoelectric potentials in AlN/GaN resonant tunneling nanostructures // Superlattices Microstruct. 2021. Vol. 156, No. 8. P. 106928.

- Boyko I., Petryk M. Tunneling transport in open nitride resonant tunneling structures taking into account the acoustic phonons: An variational approach // Physica B Condens. Matter. 2022. Vol. 636, No. 1. P. 413862.
- Boyko I., Petryk M. and Mykhailyshyn R. Excitons in resonant tunnelling structures based on AlN/GaN/AlN/AlGaIn/AlN nitride: spectral dependences and intensities of interband optical transitions // Ukr. J. Phys. Opt. 2022. Vol. 23, No. 3. P. 180–191.
- Boyko I. Exciton-phonon interaction in planar nitride nanostructures: The case of acoustic phonons // Phys. Rev. B. 2023. Vol. 108, No. 7. P. 075403.
- Boyko I., Petryk M., Lebovka N. Application of the Lewis-Riesenfeld quantum mechanical invariant method for description of electron tunneling transport in nitride multilayer quantum well nanostructures // Phys. Lett. A. 2023. Vol. 489, P. 129152.
- Boyko I., Petryk M., Lebovka N. Tunnel transport problem for open multilayer nitride nanostructures with an applied constant magnetic field and time-dependent potential: An exact solution // Phys. Rev. B. 2024. Vol. 110, No. 4. P. 045438.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: розробка нових теоретичних підходів

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Майзеліс Захар Олександрович

2. Zakhar O. Maizelis

Кваліфікація: д. ф.-м. н., доц., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6217-7117

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 35484673500; Web of Science ResearcherID: DXT-6787-2022

Повне найменування юридичної особи: Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова
Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534593

Місцезнаходження: вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ткачук Володимир Михайлович
2. Volodymyr M. Tkachuk

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.02**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-1099-0960**Додаткова інформація:** <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7102528113>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/F-5772-2019>;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=rIICjDAAAAAJ&hl=uk&oi=sra>**Повне найменування юридичної особи:** Львівський національний університет імені Івана Франка**Код за ЄДРПОУ:** 02070987**Місцезнаходження:** вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Головацький Володимир Анатолійович
2. Volodymyr Holovatsky

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.02**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5573-2562**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича**Код за ЄДРПОУ:** 02071240**Місцезнаходження:** вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Швайка Андрій Михайлович
2. Andrii M. Shvaika

Кваліфікація: д.ф.-м.н., с.н.с., 01.04.02**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5113-8259

Додаткова інформація: <https://scholar.google.com.ua/citations?user=-33MGRsAAAAJ>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/G-8704-2011>;
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602075094>

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Вдович Андрій Степанович
2. Andriy S. Vdovych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1888-8664

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Величко Олег Володимирович
2. Oleh V. Velychko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9387-123X

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507180573>;
<https://www.webofscience.com/wos/author/record/W-4794-2017>;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=6OOsrs8AAAAJ&hl=uk&oi=sra>

Повне найменування юридичної особи: Інститут фізики конденсованих систем Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05540014

Місцезнаходження: вул. Свенціцького, буд. 1, Львів, 79011, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Мриглод Ігор Миронович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Мриглод Ігор Миронович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Швайка А.М.

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна