Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U000701

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-03-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бандура Галина Ярославівна
2. Halyna Bandura

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6373-6216

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 25-03-2026

Спеціальність за освітою: Середня освіта (Математика)

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 11832

Повне найменування юридичної особи: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02125438

Місцезнаходження: вул. Івана Франка, Дрогобич, Дрогобицький р-н., 82100, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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

Повне найменування юридичної особи: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02125438

Місцезнаходження: вул. Івана Франка, Дрогобич, Дрогобицький р-н., 82100, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.41.01

Тема дисертації:

1. Електронні та діркові стани невзаємодіючих квантових точок та їх впорядкованих масивів. Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

2. Electronic and hole states of noninteracting quantum dots and their ordered arrays.

Реферат:

1. Бандура Г. Я. Електронні та діркові стани невзаємодіючих квантових точок та їх впорядкованих масивів. Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» – Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, Міністерство освіти і науки України, Дрогобич, 2026. Дисертація містить теоретичні дослідження електронних та діркових станів в ізольованих квантових точках (КТ) та різних масивах впорядкованих КТ. Дослідження проводилися для квантових точок сферичної та кубічної форми у рамках багатозонної теорії ефективної маси з використанням теорії суцільного пружного та діелектричного середовищ. Результати дослідження є важливими з точки зору удосконалення теорії електронних та діркових станів в ізольованих КТ, зокрема при наявності домішок і прикладених електричних

полів. Результати дисертаційної роботи також можуть бути використані при теоретичному та практичному прогнозуванні електричних й оптичних властивостей масивів впорядкованих квантових точок з різним типом впорядкування. У розділі 1 проведено огляд літературних джерел, які стосуються масивів впорядкованих КТ, описано методи їхнього практичного отримання і теоретичного аналізу та їхні характеристики. Встановлено, що недослідженими є діркові стани у КТ у рамках багатозонної моделі ефективної маси, яка враховує деформацію КТ-матриця і поляризацію гетеромежі одночасно. У розділі 2 у рамках теорії багатозонної ефективної маси у наближенні у сферичному наближенні Балдареші-Ліпарі описано діркові стани у простій сферичній ізольованій КТ у матриці. Розглянуто модель з гамільтоніаном 6x6, а також наближення, яке враховує сильну спін-орбітальну взаємодію, коли спін-відщепленою зоною можна знехтувати (гамільтоніан 4x4). Враховано вплив деформації та поляризації на гетеромежі КТ-матриця. Отримані результати у граничних випадках узгоджуються з теоретичними результатами інших робіт. У розділі 3 досліджено спільний вплив водневоподібної акцепторної домішки та зовнішнього електричного поля на діркові енергетичні спектри у сферичній КТ. Показано, що зміщення домішки у напрямку електричного поля посилює розщеплення енергії діркових станів, а у протилежному — зменшує це розщеплення. Доведено існування критичного електричного поля, при якому відновлюється сферична симетрія розподілу діркової густини. У розділі 4 використано моделі однозонної ефективної маси для електрона і дірки. Розглянуто одно-, дво- та тримірний впорядковані масиви однакових за розмірами і складом квантових точок сферичної та кубічної форм. Проведено порівняння енергії електрона та дірки для сферичних та кубічних надґраток квантових точок (НКТ). Визначено енергії у симетричних точках мінізони Брілюена. Встановлено, що ширина мінізони для масиву КТ точок є більшою, ніж для масивів сферичних для будь-яких об'ємів КТ. У розділі 5 розглянуто впорядковані НКТ з двома різними КТ у примітивній комірці надґратки. Побудовано теорію мінізонного спектру таких надґраток з використанням однозонної теорії ефективної маси, моделей прямокутних ям і бар'єрів з використанням методу сильного зв'язку та наближення найближчих сусідів. Застосування цієї теорії дозволило обчислити дисперсійні залежності та ширини мінізон. Показано, що ширини верхніх зон завжди більші, ніж нижніх. Одержані в роботі результати і теоретичні моделі дозволяють всебічно аналізувати вплив різних фізичних факторів — таких як розмір, матеріал, поляризація, деформація, наявність домішок та зовнішніх полів — на енергетичні спектри носіїв заряду в КТ і надґратках. Розроблені підходи можуть бути використані для точного моделювання діркових станів у реалістичних наноструктурах. Виявлені закономірності компенсації поляризації і деформації є корисними при проєктуванні структур з мінімальними небажаними ефектами. Це робить розроблену теорію цінним інструментом для розрахунків у фотоніці, оптоелектроніці та квантових технологіях. Отримані мінізонні спектри і дисперсійні залежності дозволяють спрогнозувати поглинальні властивості матеріалів та їхню здатність до керованого тунелювання. Запропонована теорія також може бути адаптована до структур зі складнішою геометрією та багатокомпонентними примітивними комірками, що дозволяє моделювати нові типи НКТ. Крім того, теорія мінізонного спектру з двома типами КТ у комірці надґратки відкриває можливість моделювання складніших періодичних структур, що складаються з декількох компонентів. Отримані залежності ширини зон і умов для розщеплення мінізон можуть лягти в основу алгоритмів оптимізації структури нанокомпозитів із заданими властивостями. Усе це створює теоретичне підґрунтя для практичного застосування в розробці сучасних наноелектронних пристроїв, квантових сенсорів і елементів пам'яті. Ключові слова: електронні і діркові стани, енергетичний спектр, деформація і поляризація, масиви квантових точок, акцепторна домішка, електричне поле.

2. Bandura H. Ya. Electronic and hole states of noninteracting quantum dots and their ordered arrays. Qualification thesis (manuscript). Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (Candidate of Physical and Mathematical Sciences) in specialty 105 "Applied Physics and Nanomaterials" – Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Drohobych, 2025. The dissertation presents theoretical studies of the electronic and hole states in isolated quantum dots (QDs) and various ordered arrays of quantum dots. The research was carried out for spherical and cubic QDs within the multiband effective mass theory, using the framework of the continuum elastic and dielectric media theories. The obtained results are significant for

improving the theoretical understanding of electronic and hole states in isolated quantum dots, particularly in the presence of impurities and external electric fields. The outcomes can also be used for theoretical and practical prediction of the electrical and optical properties of ordered QD arrays with different types of spatial ordering. Chapter 1. sources literature concerning ordered quantum dot arrays, methods of their experimental fabrication and theoretical analysis, and their physical properties are analyzed. It was found that hole states in QDs within a multiband effective mass model that simultaneously accounts for deformation of the QD–matrix system and interface polarization remain insufficiently studied. Chapter 2 describes hole states in an isolated spherical QD embedded in a matrix within the multiband effective mass theory framework using the spherical Baldereschi–Lipari approximation. Models based on the 6×6 Hamiltonian and a reduced 4×4 Hamiltonian were considered. The effects of strain and interfacial polarization at the QD–matrix boundary were taken into account. The results agree with known theoretical results in limiting cases. Chapter 3 investigates the combined effect of a hydrogen-like acceptor impurity and an external electric field on the hole energy spectrum. It was shown that displacement of the impurity along the direction of the electric field enhances the energy splitting of the hole states, while displacement in the opposite direction reduces it. A critical electric field was found at which the spherical symmetry of the hole density distribution is restored. Chapter 4 employs the single-band effective mass model for electrons and holes to study one-, two-, and three-dimensional ordered arrays (superlattices) of identical spherical and cubic QDs. The electron and hole energies were compared for spherical and cubic superlattices, and energies at the symmetry points of the Brillouin minibands were determined. When comparing minibands of cubic and spherical QDs of equal volume, it was found that cubic-dot arrays exhibit larger miniband widths than spherical-dot arrays for any QD volume. Chapter 5 considers ordered QD superlattices with two different QDs in the primitive cell. A theory of the miniband spectrum of such superlattices was developed within the single-band effective mass approximation using rectangular well and barrier models and the tight-binding method with nearest-neighbor approximation. This theory enabled the calculation of dispersion relations and miniband widths. It was also shown that upper minibands are always wider than lower ones. The developed theoretical models enable comprehensive analysis of how various physical factors—such as QD size, material, polarization, strain, impurities, and external fields—affect charge-carrier spectra in QDs and superlattices. The approaches based on multiband effective mass theory (4×4, 6×6) can be applied for accurate modeling of hole states in realistic nanostructures. Their demonstrated reducibility to the single-band model allows one to select the appropriate model depending on the desired accuracy. The identified compensation effects of polarization and strain are valuable for designing structures with minimized unwanted interactions, making the developed theory a useful tool for calculations in photonics, optoelectronics, and quantum technologies. The obtained miniband spectra and dispersion relations allow prediction of the optical absorption properties and tunneling behavior of materials. The proposed theory can be extended to more complex geometries and multi-component primitive cells, enabling modeling of novel types of QD superlattices. The derived dependencies of miniband widths and splitting conditions can be used to optimize nanocomposite structures with desired properties. Altogether, these results form a theoretical foundation for practical applications in modern nanoelectronic devices, quantum sensors, and memory elements. Keywords: electronic and hole states, energy spectrum, deformation and polarization, quantum dot arrays, acceptor impurity, electric field.

Державний реєстраційний номер ДіР:

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: Новий напрямок у науці і техніці

Публікації:

- 1. Bilynskyi I., Leshko R., Bandura H. Influence of quantum dot shape on energy spectra of three-dimensional quantum dots superlattices. Physics and Chemistry of Solid State. 2020. Vol. 21, No 4. P. 584–590.
- Bilynskyi I., Leshko R., Bandura H. Electron and hole spectrum taking into account deformation and polarization in the quantum dot heterostructure InAs/GaAs. Physics and Chemistry of Solid State. 2023. Vol. 24, No 1. P. 146– 152.
- 3. Leshko R. Ya., Bandura H. Ya., Bilynskyi I. V., Karpyn A.V., Kvyk M.V., Melnyk Ya.Yu., Ocheretyanyi A.O., Popov M.Yu. Effect of arbitrarily directed electric field on hole spectra and absorption in a quantum dot with off-center impurity. Physics Letters A. 2025. Vol. 559. P. 130898:1-8.
- 4. Leshko R., Bandura H., Bilynskyi I., Slusarenko M. The band structure of a chain of periodically ordered different quantum dots. Physica B: Condensed Matter. 2024. Vol. 690. P. 416272:1-5.
- 5. Leshko R. Ya., Bandura H. Ya., Bilynskyi I. V., Melnyk Ya. Yu., Kvyk M. V. The intersubband optical absorption coefficient of the QD with acceptor impurity under applied electric field. Sensor Electronics and Microsystem Technologies. 2024. Vol. 21, No 4. P. 14-24.
- 6. Bilynskyi I.V., Leshko R.Ya., Bandura H.Ya. The dependence of energy on the QD deformation and polarization charges. XVII International Freik Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems. Ivano-Frankivsk, October 11-16, 2021. P. 11.
- 7. Bilynskyi I.V., Leshko R.Ya., Bandura H.Ya. Miniband energy spectrum of quantum dot chains containing two different quantum dot in basis. IX Ukrainian Scientific Conference on Physics of Semiconductors. Uzhhorod, Ukraine, May 22-26, 2023. P. 217
- 8. Bilynskyi I.V., Leshko R.Ya., Bandura H.Ya. Theory of Superlattices with Two Atoms in the Basis. XIX International Freik Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems. Ivano-Frankivsk, October 9-14, 2023. P. 84.
- 9. Bandura H., Bilynskyi I. Dependence of the intersubband optical absorption coefficient on the direction of the electric field in the GaAs/AlAs quantum dot heterostructure in the presence of an impurity. VIII Всеукраїнська науково12 практична конференція MEICS-2024. Дніпро, 27-29 листопада 2024 р. С. 274-275.
- 10. Bandura H.Ya., Bilynskyi I.V. The influence of the electric field and the position of the acceptor on the energy spectrum and the intersubband optical absorption coefficient in the GaAs/AlAs quantum dot heterostructure. Materials and Abstracts of Reports Presented at the International Conference (for the 100th anniversary of the birth of Professor Yu.M. Lomsadze). Uzhhorod, December 17-19, 2024. P. 221-222.
- 11. Bilynskyi I.V., Leshko R.Ya., Bandura H.Ya. An ordered array with two different quantum dots in a unit cell. XI-th International Conference Topical Problems of Semiconductor Physics. Drohobych, May 27-31, 2024. P. 58.
- 12. Bandura H. Ya., Bilynskyi I.V. Dependence of the energy spectrum of a quantum dot with an acceptor impurity on the angle of inclination of the electric field. «Lashkaryov's readings». Young Scientists Conference on Semiconductor Physics. Kyiv, Arpil 3-4, 2025. P. 35-36.
- 13.Bandura H. Ya., Leshko R. Ya., Bilynskyi I.V. The energy spectra and band characteristics of two- and threedimensional superlattices of inhomogeneous quantum dots // XX International Freik Conference on Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems. Ivano-Frankivsk, October 06-10, 2025. P. 74.

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; матеріали

Соціально-економічна спрямованість: збільшення обсягів виробництва; зменшення зносу обладнання; підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Білинський Ігор Васильович

2. Ihor V. Bilynskyi

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4221-9225

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Криворізький державний педагогічний університет

Код за ЄДРПОУ: 40787802

Місцезнаходження: проспект Гагаріна, Кривий Ріг, Криворізький р-н., 50086, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Балабай Руслана Михайлівна

2. Ruslana M. Balabai

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2618-7796

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Криворізький державний педагогічний університет

Код за ЄДРПОУ: 40787802

Місцезнаходження: проспект Гагаріна, Кривий Ріг, Криворізький р-н., 50086, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Маханець Олександр Михайлович

2. Olexander Makhanets

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4598-2039

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, Чернівці, 58012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Даньків Олеся Омелянівна
2. Olesia O. Dankiv

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2154-8396

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02125438

Місцезнаходження: вул. Івана Франка, Дрогобич, Дрогобицький р-н., 82100, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гольський Віталій Богданович
2. Vitalii B. Holskyi

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0003-7282-8050

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02125438

Місцезнаходження: вул. Івана Франка, Дрогобич, Дрогобицький р-н., 82100, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Столярчук Ігор Дмитрович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Столярчук Ігор Дмитрович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Івах Світлана
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна