

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U001097

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 20-04-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Микитюк Михайло Петрович

2. Mykhailo P. Mykytiuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 009-0009-0318-7556

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 153

Назва наукової спеціальності: Автоматизація та приладобудування. Мікро- та наносистемна техніка

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 21916 Мікро- та наносистемна техніка (153 Мікро- та наносистемна техніка)

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: 153 «Мікро- та наносистемна техніка»

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 12308

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, 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: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 47.33, 47.09

Тема дисертації:

1. Магнітотранспортні характеристики ниткоподібних кристалів Bi_2Se_3 для сенсорної електроніки
2. Magnetotransport properties of Bi_2Se_3 whiskers for sensor electronics

Реферат:

1. Дисертацію присвячено комплексному дослідженню магнітотранспортних, надпровідних та квантово-інтерференційних властивостей ниткоподібних кристалів Bi_2Se_3 –низьковимірних топологічних матеріалів, що поєднують сильну спін-орбітальну взаємодію, поверхневі канали провідності та здатність формувати нетривіальні надпровідні фази. Робота орієнтована на поглиблення розуміння фізичних механізмів електронного транспорту в топологічних наноструктурах та оцінення їхнього потенціалу для наноелектроніки, сенсорики й спінтроніки. У дисертації розв'язано комплекс експериментальних і аналітичних завдань, спрямованих на встановлення фізичних механізмів транспорту в ниткоподібних кристалах Bi_2Se_3 з концентрацією паладію $(1-2) \times 10^{19} \text{см}^{-3}$ у широкому температурному діапазоні 1,8–300К та магнітних полях до 14Т. Встановлено параметри двоступеневого надпровідного переходу з критичними температурами приблизно 5,3К, 3,5К, визначено верхнє критичне поле до 1,45Т, когерентну довжину близько 15нм, характерну для систем зі сильною спін-орбітальною взаємодією та нетрадиційною надпровідністю. Кількісний аналіз слабкої антилокалізації показав зростання довжини фазової когерентності при зниженні

температури та інтенсивне спін-орбітальне розсіювання, що підтверджує домінування двовимірних приповерхневих каналів провідності. Додатково встановлено наявність Кондо-подібного мінімуму опору в діапазоні 25–30K, який відображає взаємодію делокалізованих носіїв із локалізованими магнітними моментами та впливає на стабільність надпровідної фази. Виявлено також тематичність–порушення ротаційної симетрії критичних полів, що узгоджується з поведінкою інших топологічних надпровідників на основі Bi₂Se₃. Отримані результати доповнено оцінкою прикладного потенціалу ниткоподібних Bi₂Se₃ як сенсорів сильних магнітних полів і температури та аналізом схем вторинної обробки сигналів для їх реалізації. Перший розділ містить аналіз сучасного стану досліджень топологічних ізоляторів на основі Bi₂Se₃, їхніх поверхневих станів та впливу легування на електронну структуру. Розглянуто механізми слабкої антилокалізації, Кондо-подібного розсіювання, прояви анізотропії та відомі приклади індукції надпровідності в легуваних і гетероструктурних системах. Окрему увагу приділено порівнянню різних морфологічних форм матеріалу та впливу низьковимірності на транспорт. У другому розділі описано методику вирощування ниткоподібних кристалів Bi₂Se₃<Pd>, встановлення їх структурної якості та рівномірності легування. Наведено технологію створення омичних контактів, схеми криогенних і високопольових вимірювань, вибір експериментальних умов і обладнання. Обґрунтовано підходи до мінімізації похибок, перевірки лінійності контактів та визначення концентрації носіїв і параметрів домішки. У третьому розділі представлено результати дослідження магнітотранспортних властивостей ниткоподібних кристалів Bi₂Se₃<Pd>, у яких одночасно проявляються сильна спін-орбітальна взаємодія, квантово-інтерференційні ефекти та взаємодії, подібні до Кондо-механізму. Дослідження слабкої антилокалізації показало її чіткий двовимірний характер і домінування приповерхневих каналів провідності, що визначають температурні залежності когерентних довжин і зумовлюють анізотропію транспортних властивостей. У температурному інтервалі 25–30 K встановлено мінімум опору, характерний для Кондо-подібного розсіювання, який суттєво впливає на низькотемпературну поведінку кристалів. Аналіз критичних полів і орієнтаційної залежності магніторезистивних характеристик виявив наявність слабо вираженої нематичної анізотропії, що відрізняє ниткоподібні структури від інших морфологічних форм Bi₂Se₃ та підкреслює роль топологічних поверхневих станів у формуванні транспортних властивостей матеріалу. У четвертому розділі зосереджено увагу на порівнянні надпровідних властивостей ниткоподібних кристалів Bi₂Se₃<Pd> з іншими системами на основі Bi₂Se₃. Встановлено, що об'ємне введення Pd призводить до формування стабільної надпровідної фази з двоступеневим переходом і значно підвищеними критичними параметрами–як відносно легуваних Cu-, Sr- або Nb-монокристалів, так і інтерфейсних надпровідників типу Nb/Bi₂Se₃. Перевищення БКШ-ліміту для співвідношення $\Delta_0/k_B T_c$ та коротка когерентна довжина свідчать про нетривіальний характер надпровідної фази, характерний для систем з сильною спін-орбітальною взаємодією. Проаналізовано специфічне поєднання залишкової надпровідності зі слабкою анти-локалізацією – унікальна риса ниткоподібних кристалів, не властива монокристам і тонким плівкам Bi₂Se₃. У п'ятому розділі розглянуто можливості застосування ниткоподібних Bi₂Se₃<Pd> у сенсорних і спінтронних системах. Показано, що стабільний магнетоопір у широкому температурному діапазоні дозволяє використовувати зразки як сенсори сильних магнітних полів. Монотонна залежність R(T) у діапазоні 50–300K забезпечує придатність до створення температурних датчиків. Розроблено схеми вторинної обробки сигналів та окреслено перспективи застосування у комутаційних елементах

2. The dissertation is devoted to a comprehensive study of the magnetotransport, superconducting, and quantum-interference properties of Bi₂Se₃<Pd> whiskers—low-dimensional topological materials that combine strong spin-orbit interaction, surface conduction channels, and the ability to host non-trivial superconducting phases. The work aims to deepen the understanding of the fundamental mechanisms of electron transport in topological nanostructures and to assess their potential for nanoelectronics, sensing technologies, and spintronics. The dissertation solves a set of experimental and analytical tasks aimed at determining the physical mechanisms of transport in Bi₂Se₃<Pd> whiskers with a Pd concentration of $(1-2) \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$, investigated over a wide temperature range of 1.8–300K and magnetic fields up to 14T. The parameters of a two-step superconducting transition with critical temperatures of approximately 5.3K, 3.5K were established, along with the upper critical field of up to 1.45T

and a short coherence length of about 15 nm, typical for systems with strong spin-orbit coupling and unconventional superconducting behavior. Quantitative analysis of weak antilocalization revealed a temperature-dependent increase in phase-coherence length and pronounced spin-orbit scattering, confirming the dominance of two-dimensional surface-state transport. A Kondo-like resistance minimum in the range of 25–30K was identified, reflecting the interaction of delocalized carriers with localized magnetic moments and influencing the stability of the superconducting phase. Signatures of nematicity—manifested as rotational-symmetry breaking of critical fields—were also observed, consistent with the behavior of other topological superconductors based on Bi₂Se₃. The obtained results were complemented by an evaluation of the application potential of Bi₂Se₃ whiskers as high-field magnetic sensors and temperature sensors, as well as an analysis of signal-processing schemes for their practical implementation. The first chapter presents an analysis of the current state of research on Bi₂Se₃-based topological insulators, their surface states, and the influence of doping on their electronic structure. Mechanisms of weak antilocalization, Kondo-like scattering, anisotropic transport, and known cases of superconductivity induction in doped and heterostructured systems are considered. Special attention is given to comparing different morphological forms of the material and the role of reduced dimensionality. The second chapter describes the growth methodology of Bi₂Se₃<Pd> whiskers, their structural characterization, and the evaluation of doping uniformity. The fabrication of ohmic contacts, schemes of cryogenic and high-field measurements, experimental conditions, and instrumentation are detailed. Approaches to minimizing measurement errors, verifying contact linearity, and determining carrier concentration and impurity parameters are substantiated. The third chapter presents the results of studying the magnetotransport properties of Bi₂Se₃<Pd> whiskers, where strong spin-orbit coupling, quantum-interference effects, and Kondo-type interactions are simultaneously observed. Weak antilocalization demonstrates a clear two-dimensional character and the dominance of surface-state transport, which determines the temperature evolution of coherence lengths and induces transport anisotropy. A resistance minimum associated with Kondo-like scattering, observed at 25–30K, significantly affects the low-temperature behavior. The analysis of critical fields and their angular dependence reveals weak nematic anisotropy, distinguishing whisker-based structures from other morphological forms of Bi₂Se₃ and highlighting the role of topological surface states. The fourth chapter focuses on the comparison of superconducting properties of Bi₂Se₃<Pd> whiskers with other Bi₂Se₃-based systems. It is shown that bulk Pd incorporation leads to the formation of a stable superconducting phase with a two-step transition and substantially enhanced critical parameters—exceeding those of Cu-, Sr-, Nb-doped monocrystals as well as Nb/Bi₂Se₃ interface-induced superconductors. Exceeding the BCS limit for the $\Delta_0/k_B T_c$ ratio and the short coherence length indicate a non-trivial superconducting state typical for systems with strong spin-orbit interaction. A unique coexistence of residual superconductivity with weak antilocalization—absent in monocrystalline or thin-film Bi₂Se₃—was identified. The fifth chapter examines the practical applicability of Bi₂Se₃<Pd> whiskers in sensing and spintronic systems. A stable magnetoresistance over a broad temperature range demonstrates their suitability for high-field magnetic sensors, while the monotonic dependence $R(T)$ in the 50–300K region enables the development of temperature sensors. Signal-processing schemes for precise measurements and prospects for switching elements and quantum-interference structures based on whiskers are presented

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: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Druzhinin A., Ostrovskii I., Khoverko Y., Mykytiuk M. Unconventional superconductivity in PdBiSe whiskers // Physics and Chemistry of Solid State. – 2023. – Vol. 24, No. 3. – P. 558–563.
- Mykytiuk M., Druzhinin A., Ostrovskii I., Liakh-Kaguy N., Khoverko Y. Magnetotransport properties of BiSe whiskers // Molecular Crystals and Liquid Crystals. – 2024. – Vol. 768, No. 9. – P. 229–237
- Druzhinin A., Ostrovskii I., Liakh-Kaguy N., Mykytiuk M. Near-surface superconductivity in topological GaSb and BiSe whiskers // Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2025. – Vol. 17, No. 4. – P. 04010-1 - 04010-7
- Mykytiuk M., Ostrovskii I. Comparative analysis of weak antilocalization in PdBiSe whiskers and related topological structures // Open Information and Computer Integrated Technologies. – 2025. – No. 105. – P. 131–139.

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; матеріали

Соціально-економічна спрямованість: підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПВ:

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. Островський Ігор Петрович
2. Ihor P. Ostrovskii

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5891-2542

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, 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. Ціж Богдан Романович
2. Bohdan R. Tsizh

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.27.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1319-1016

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького

Код за ЄДРПОУ: 00492990

Місцезнаходження: вул. Пекарська, Львів, 79010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дзундза Богдан Степанович

2. Bohdan S. Dzundza

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6657-5347

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: ДВНЗ "Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника"

Код за ЄДРПОУ: 02125263

Місцезнаходження: вулиця Шевченка, 57, Івано-Франківськ, Івано-Франківська область, Івано-Франківськ, 76008, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стахіра Павло Йосипович

2. Pavlo Y. Stakhira

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.27.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5210-415X

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 9334821400; Web of Science Researcher ID: F-7270-2012; <https://scholar.google.com.ua/citations?user=nBrTX2MAAAAJ>

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Іващишин Федір Олегович

2. Fedir O. Ivashchyshyn

Кваліфікація: д. т. н., с.д., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6919-5841

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 39261591700; Web of Science ResearcherID: R-4104-2017

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

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

Клим Галина Іванівна

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

Клим Галина Іванівна

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Ховерко Юрій Миколайович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна