

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0824U003003

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 02-09-2024

**Статус:** Запланована

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**



## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Шитов Микита Віталійович

2. Mykyta Shytov

**Кваліфікація:** 104

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0009-0005-8126-8766

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Шифр наукової спеціальності:** 104

**Назва наукової спеціальності:** Фізика та астрономія

**Галузь / галузі знань:** природничі науки

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** 39026 Фізика

**Дата захисту:**

**Спеціальність за освітою:** 104 – Фізика та астрономія

**Місце роботи здобувача:** Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б. І. Веркіна  
Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534601

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Харків, Харківський р-н., 61103, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

### III. Відомості про дисертацію

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ

64.175.014\_ID\_6848

**Повне найменування юридичної особи:** Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б. І. Веркіна Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534601

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Харків, Харківський р-н., 61103, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

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

**Повне найменування юридичної особи:** Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б. І. Веркіна Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534601

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Харків, Харківський р-н., 61103, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

### V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 29.19.29, 29.41.03

**Тема дисертації:**

1. Особливості флуктуаційної провідності та псевдощілини у плівках і монокристалах  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-p}$  під впливом зовнішніх чинників
2. Features of fluctuating conductivity and pseudogap in  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-p}$  films and single crystals under the influence of external factors

**Реферат:**

1. Дисертаційну роботу присвячено дослідженню особливостей впливу на основні електронні процеси, що формують нормальну та надпровідну фази в високотемпературних надпровідниках (ВТНП), таких факторів як: магнітне поле, опромінення високоенергетичними електронами та довготривале зберігання (старіння) тонких плівок та монокристалів  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-p}$  (далі - YBCO). Розділ 1 «Основні властивості досліджуваних

надпровідників (Огляд літератури)» присвячено аналізу літературних даних за темою дисертації. Розглянуто теоретичні основи фізики високотемпературних надпровідників. Розглянуто такі поняття, як псевдощілина (ПЩ) та локальні пари, розглянуто різні точки зору на механізм надпровідного спарювання у ВТНП. Наведено відомості про температурні залежності надлишкової провідності та ПЩ. Розглянуто процеси які відбуваються у ВТНП при зниженні густини носіїв заряду, обговорено питання щодо анізотропії властивостей та специфіки поведінки локальних пар у ВТНП. Детально досліджено загальну інформацію щодо впливу зовнішніх чинників. У розділі 2 «Об'єкти і методи експериментальних досліджень» висвітлено процес отримання та процедуру підготовки до вимірювань досліджуваних зразків YBCO. Детально розглянуто методики отримання монокристалів та тонких плівок YBCO. Надано опис конструкції установки для вимірювання електроопору при низьких температурах. Описано методи вимірювання електроопору при низьких температурах під впливом магнітного поля та електронного опромінення. У третьому розділі «Вплив магнітного поля на властивості тонких плівок YBCO» досліджено еволюцію флуктуаційної провідності (ФЛП) та ПЩ у тонкій плівці YBCO під впливом магнітного поля до 8 Тл. Виявлено, що у магнітному полі приблизно 3 Тл в області двовимірних флуктуацій відбувається перехід від класичної температурної залежності ФЛП 2D Макі-Томпсона до несподіваної залежності 2D Асламазова-Ларкіна вище температури 3D-2D кроссовера. Було виявлено зміщення ПЩ на графіку у бік нижчих температур під впливом магнітного поля, причому її форма майже не змінювалася. У розділі 4 «Вплив сильного електронного опромінення на властивості монокристалів YBCO» наведено результати дослідження впливу опромінення високоенергетичними електронами на температурні залежності ФЛП та ПЩ монокристала YBCO, який не містить двійників. Показано, що лінійне збільшення питомого опору з подальшим лінійним зменшенням температури надпровідного переходу спостерігається при всіх дозах опромінення. Виявлено, що при середньому значенні дози опромінення спостерігається зростання температури відкриття ПЩ, значення ПЩ за температури БЕК-БКШ кроссовера та в цілому всієї кривої ПЩ, що відповідає переходу АГ-ЕК. При дозі опромінення  $5,6 \times 10^{19}$  е/см<sup>2</sup> ФЛП та ПЩ несподівано демонструють криві, типові для добре структурованого YBCO. З'ясовано, що утворення різноманітних ансамблів дефектів у монокристалах YBCO під впливом високоенергетичного електронного опромінення є немонотонним процесом і має власну специфіку, і ця специфіка може бути виявлена лише проведенням аналізу ФЛП та ПЩ, які виявилися набагато більш чутливими до змін у внутрішніх електронних підсистемах, уражених індукованими дефектами. У розділі 5 «Вплив довготривалого зберігання (старіння) на властивості монокристалів YBCO» досліджено вплив довготривалого зберігання монокристалів YBCO з двійниками, протягом 17 років за нормальних умов. Вивчення властивостей досліджуваного монокристала проводилися одразу після виготовлення, через 6 та 17 років зберігання. Показано, що зразок одразу після виготовлення демонструє властивості типові для оптимально допованих монокристалів YBCO, що містять двійники та двійникові границі. Після 6 років зберігання, дефекти, які виникли під час старіння, практично повністю усувають вплив двійників та двійникових границь. Як наслідок, температурна поведінка ФЛП та ПЩ нагадує типову для добре структурованих монокристалів YBCO. З'ясовано, що після 17 років зберігання велика кількість структурних дефектів, які виникають у зразку, призводить до сильної деградації структури та перерозподілу заряду в кристалі, які призводять до сильного зростання опору та, швидше за все, відповідають за спостережувану незвичайну температурну залежність ФЛП та ПЩ. Було показано, що дефекти які виникають під час тривалого старіння, суттєво впливають як на питомий опір, так і на ФЛП та ПЩ. Таким чином показано, що ВТНП мають певні обмеження щодо терміну їх практичного використання, і через 17 років їх використовувати вже не можна.

2. The dissertation is devoted to the study of the influence of such factors as: magnetic field, irradiation with high-energy electrons, and long-term storage (aging) on the main electronic processes that form the normal and superconducting phases in high-temperature superconductors (HTSCs) of thin films and single crystals of YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> (hereinafter - YBCO). Chapter 1 "Main properties of studied superconductors (Literature review)" is devoted to the analysis of literature data on the topic of the dissertation. The theoretical foundations of the physics of high-temperature superconductors are considered. Concepts such as pseudogap (PG) and local pairs are considered, and different points of view on the mechanism of superconducting pairing in HTSCs are

considered. Information on the temperature dependence of the excess conductivity and PG is given. The processes that occur in HTSCs when the charge carrier density decreases are considered, and the issue of anisotropy of properties and the specific behavior of local pairs in HTSCs is discussed. General information on the influence of external factors was studied in detail. Chapter 2 "Objects and methods of experimental research" covers the process of obtaining and preparing the YBCO samples for measurement. Methods of obtaining YBCO single crystals and thin films are considered in detail. A description of the design of the installation for measuring electrical resistance at low temperatures is given. Methods of measuring electrical resistance at low temperatures under the influence of a magnetic field and electron irradiation are described. In the third chapter, "The effect of a magnetic field on the properties of YBCO thin films", the evolution of the fluctuation conductivity (FLC) and the PG in a YBCO thin film under the influence of a magnetic field up to 8 T is investigated. It was found that in a magnetic field of approximately 3 T in the region of two-dimensional fluctuations there is a transition from the classical temperature dependence of the 2D Maki-Thompson FLC to the unexpected 2D Aslamazov-Larkin dependence above the temperature of the 3D-2D crossover. It was found that the PG shifted on the graph towards lower temperatures under the influence of the magnetic field, and its shape almost did not change. Chapter 4 "Influence of strong electron irradiation on the properties of YBCO single crystals" presents the results of the study of the influence of irradiation with high-energy electrons on the temperature dependence of the FLC and PG of a YBCO single crystal that does not contain twins. It is shown that a linear increase in resistivity followed by a linear decrease in the temperature of the superconducting transition is observed at all doses of irradiation. It was found that at the average value of the radiation dose, there is an increase in the opening temperature of the PG, the value of the PG at the temperature of the BEC-BCS crossover and, in general, the entire curve of the PG, which corresponds to the AG-EK transition. At an irradiation dose of  $5.6 \cdot 10^{19} \text{ e/cm}^2$ , FLC and PG unexpectedly exhibit curves typical of well-structured YBCO. It was found that the formation of various ensembles of defects in YBCO single crystals under the influence of high-energy electronic irradiation is a non-monotonic process and has its own specificity, and this specificity can only be detected by conducting the analysis of FLC and PG, which turned out to be much more sensitive to changes in the internal electronic subsystems. affected by induced defects In chapter 5 "Effect of long-term storage (aging) on the properties of YBCO single crystals", the effect of long-term storage of YBCO single crystals with twins for 17 years under normal conditions is investigated. The properties of the studied single crystal were studied immediately after production, after 6 and 17 years of storage. It is shown that immediately after fabrication, the sample exhibits properties typical of optimally doped YBCO single crystals containing twins and twin boundaries. After 6 years of storage, the defects that arose during aging almost completely eliminate the influence of twins and twin boundaries. As a result, the temperature behavior of FLC and PG resembles that typical for well-structured YBCO single crystals. It was found that after 17 years of storage, the large number of structural defects that appear in the sample leads to a strong degradation of the structure and charge redistribution in the crystal, which lead to a strong increase in resistance and are most likely responsible for the observed unusual temperature dependence of the FLC and PG. It was shown that the defects that occur during long-term aging significantly affect both the specific re

**Державний реєстраційний номер ДіР:** 0122U001501, 0117U002289

**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:** Нове вирішення актуального наукового завдання

**Публікації:**

- E. V. Petrenko, L. V. Omelchenko, Yu. A. Kolesnichenko, N. V. Shytov, K. Rogacki, D. M. Sergeyev, and A. L. Solovjov, Study of fluctuation conductivity in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  films in strong magnetic fields, *Low Temperature Physics*, 47, № 12, 1150-1057, (2021), Q3, DOI: 10.1063/10.0007080.
- A. L. Solovjov, L. V. Bludova, M. V. Shytov, S. N. Kamchatnaya, Z. F. Nazyrov, and R. V. Vovk, Evolution of the pseudogap and excess conductivity of YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  single crystals in the course of long-term aging, *Low Temperature Physics*, 49, № 4, 477-485, (2023), Q3, DOI: 10.1063/10.0017593.
- E. V. Petrenko, K. Rogacki, A. V. Terekhov, L. V. Bludova, Y. A. Kolesnichenko, N. V. Shytov, D. M. Sergeyev, E. Lähderanta, A. L. Solovjov, Evolution of the pseudogap temperature dependence in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  films under the influence of a magnetic field, *Low Temperature Physics*, 50, № 4, 299-307, (2024), Q3, DOI: 10.1063/10.0025295.
- M.V. Shytov, E. V. Petrenko, L. V. Omelchenko, A. L. Solovjov, K. Rogacki, Magneto-resistive study of the excess conductivity in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  monolayers, II International Advanced Study Conference “CONDENSED MATTER & LOW TEMPERATURE PHYSICS 2021”, 6 - 12 June 2021, Kharkiv, Ukraine, Poster, P. 9.
- M. V. Shytov, A. L. Solovjov, L. V. Omelchenko, E. V. Petrenko, G. Ya. Khadzhai, D. M. Sergeyev, R. V. Vovk and K. Rogacki, “Effect of electron irradiation on fluctuation conductivity and pseudogap in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  twin single crystals”, “PHOTON – GRAPHENE INTERACTIONS: PHENOMENA AND APPLICATIONS-2”, 9 – 10 September 2022, Wroclaw, Poland, Abstracts book, P. 45.
- M. V. Shytov, A.L. Solovjov, L. V. Bludova, S.N. Kamchatnaya, Z.F. Nazyrov, R. V. Vovk, “Evolution of the pseudogap and excess conductivity of YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  single crystals in the course of long-term aging”, III International Conference “CONDENSED MATTER & LOW TEMPERATURE PHYSICS 2023”, 5 – 11 June 2023, Kharkiv, Ukraine, Abstracts book, P. 55.
- М. В. Шитов, Є. В. Петренко, Л. В. Блудова, Ю.А. Колесніченко, К. Рogaцький, А. Л. Соловійов, “Аналіз флуктуаційної провідності плівок YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  у сильних магнітних полях”, IV конференції молодих вчених “СУЧАСНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО: МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ – СММТ-2023”, 5 – 6 October 2023, Kyiv, Ukraine, Abstracts book, P. 9.
- M. V. Shytov, A. L. Solovjov, E. V. Petrenko, L. V. Bludova, R. V. Vovk, K. Rogacki, “Influence of strong electron irradiation on fluctuation conductivity and pseudogap in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  single crystals”, IV International Conference “CONDENSED MATTER & LOW TEMPERATURE PHYSICS 2024”, 3 – 7 June 2024, Kharkiv, Ukraine, Abstracts book, P. 58.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** матеріали

**Соціально-економічна спрямованість:** створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Планується до впровадження

**Зв'язок з науковими темами:** 0122U001501, 0117U002289

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Соловійов Андрій Львович

2. Andrii Solovjov

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-8858-1177

**Додаткова інформація:** Scopus Author Identifier: 6602101023; Web of Science ResearcherID: DXJ-8868-2022

**Повне найменування юридичної особи:** Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б. І. Веркіна Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534601

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Харків, Харківський р-н., 61103, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

### **Офіційні опоненти**

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Касаткін Олександр Леонідович
2. Oleksandr L. Kasatkin

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9180-8571

**Додаткова інформація:** Scopus Author Identifier: 7005253314; Web of Science Researcher ID: НТО-3593-2023

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417331

**Місцезнаходження:** бульвар Академіка Вернадського, буд. 36, Київ, 03142, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

#### **Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Соколенко Володимир Іванович
2. Volodymyr Sokolenko

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-1821-4042

**Додаткова інформація:** Scopus Author Identifier: 7003973471; Web of Science Researcher ID: FWX-7818-2022

**Повне найменування юридичної особи:** Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут" Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 14312223

**Місцезнаходження:** вул. Академічна, буд. 1, Харків, Харківський р-н., 61108, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

## Рецензенти

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Камарчук Геннадій Васильович
2. Hennadii Kamarchuk

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-1105-8019

**Додаткова інформація:** Scopus Author Identifier 6603094828

**Повне найменування юридичної особи:** Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б. І. Веркіна Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534601

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Харків, Харківський р-н., 61103, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Золочевський Іван Васильович
2. Ivan V. Zolochevskii

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.22

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-4649-2031

**Додаткова інформація:** Scopus Author Identifier: 6602333698; Web of Science Researcher ID: GEZ-5104-2022

**Повне найменування юридичної особи:** Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б. І. Веркіна Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534601

**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 47, Харків, Харківський р-н., 61103, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Академічний

## **VIII. Заключні відомості**

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

Шевченко Сергій Миколайович

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

Шевченко Сергій Миколайович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Калиненко Олександр Миколайович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна