

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002986

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-09-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: наказ №129-ОД від 31.10.2024



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лега Олександр Олександрович

2. Oleksandr Leha

Кваліфікація: 104

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0005-2202-5473

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 39026 Фізика

Дата захисту: 14-10-2024

Спеціальність за освітою: 105 - Прикладна фізика та наноматеріали

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:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

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

64.175.013_ID_6847

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:

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19.21, 29.19.29, 29.41.03

Тема дисертації:

1. Нестационарні процеси в просторово-неоднорідних надпровідних структурах в надвисокочастотному електромагнітному полі
2. Nonstationary processes in spatially inhomogeneous superconducting structures in electromagnetic microwave fields

Реферат:

1. Лега О. О. Нестационарні процеси в просторово-неоднорідних надпровідних структурах в надвисокочастотному електромагнітному полі. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 – Фізика та астрономія (галузь знань 10 – Природничі науки). – Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна Національної академії наук України, Харків, 2024. У цій дисертації представлені експериментальні дослідження нестационарних процесів у просторово неоднорідних надпровідних структурах під впливом НВЧ електромагнітних полів, які надають нові наукові та практичні знання. У вступі описано актуальність теми,

цілі дослідження та методи, що використовувались. Підкреслено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, а також наведено інформацію про внесок автора та його публікації. У розділі 1 проведено огляд літератури щодо надпровідних структур, зосереджуючись на таких явищах, як розподіл струмів і формування резистивних станів у надпровідних плівках. Обговорюються проблеми використання надпровідних резонаторів у електромагнітних метаматеріалах. Розглядаються особливості роботи НКВІДів. Основні методи мікроскопії, зокрема низькотемпературна лазерна скануюча мікроскопія (НТЛСМ), розглядаються для дослідження цих структур. Розділ 2 досліджує перехід тонкоплівкових надпровідників у нормальний стан під впливом постійного струму та мікрохвильового випромінювання. Метод НТЛСМ показує, що цей перехід включає проміжний резистивний стан, який характеризується утворенням ліній проковзування фази (ЛПФ) та нормальних локалізованих доменів (НЛД). Виявлено, що поєднаний вплив мікрохвильового випромінювання та струму на надпровідники є неадитивним, причому НЛД формуються без зміни форми вольт-амперних характеристик (ВАХ). НТЛСМ візуалізує ці явища, виявляючи деталі, які не видно на ВАХ. Зокрема проведено візуалізацію утворення ЛПФ у двовимірній структурі зі змінною густиною струму (місток Даема). У розділі 3 досліджується розподіл екранувальних струмів у надпровідному спіральному резонаторі, що є важливим для розробки електромагнітних метаматеріалів. Запропоновано новий режим НТЛСМ для візуалізації фази цих струмів. Дослідження показує, що на вищих модах стоячих хвиль розподіл струмів стає анізотропним, що вказує на обмеження у використанні таких резонаторів у метаматеріалах. Розділ 4 аналізує вплив мікрохвильових полів на амплітудно-частотні характеристики ВЧ НКВІДу. Показано, що параметр pL , який визначає режим роботи НКВІДу, можна налаштувати за допомогою високочастотного поля. Експериментальні результати підтверджують можливість переходу ВЧ НКВІДу із гістерезисного режиму до безгістерезисного, що підвищує його коефіцієнт перетворення та чутливість. Результати роботи мають значну наукову та практичну значущість, оскільки вони розширюють уявлення про нестационарні стани в надпровідних структурах під впливом мікрохвильових полів. Отримані дані формують основу для нових досліджень НТЛСМ-відгуків у магнітних метаматеріалах та покращують розуміння переходу надпровідників у нормальний стан. Дослідження також демонструють можливість контролю параметра pL ВЧ НКВІДу, що підвищує ефективність цих пристроїв.

2. Leha O.O. Nonstationary Processes in Spatially Inhomogeneous Superconducting Structures in Electromagnetic Microwave Fields. – Qualification scientific work printed as manuscript. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Speciality 104 – Physics and Astronomy (Field of Knowledge 10 – Natural Sciences). – B.I. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, 2024. This thesis presents experimental research on nonstationary processes in spatially inhomogeneous superconducting structures under microwave (MW) electromagnetic fields, offering new scientific and practical insights. The introduction outlines the relevance of the topic, research objectives, and methods used. The scientific novelty and practical significance of the findings are emphasized, along with details of the author's contributions and publications. Chapter 1 gives a review of literature on superconducting structures is provided, focusing on phenomena like current distribution and the formation of resistive states in superconducting films. The chapter also discusses the challenges of using superconducting resonators in electromagnetic metamaterials. The peculiarities of the work of SQUIDS are considered. Microscopic methods, particularly low-temperature laser scanning microscopy (LTLSM), are highlighted for studying these structures. The chapter 2 explores the transition of thin-film superconductors to the normal state under constant current and microwave radiation. The LTLSM method reveals that this transition involves an intermediate resistive state characterized by phase slip lines (PSLs) and normal localized domains (NLDs). The combined effect of microwave radiation and current on superconductors is found to be non-additive, with NLDs forming without altering the current-voltage (I-V) characteristics. LTLSM visualizes these phenomena, revealing details not captured by I-V characteristics alone. In particular, visualization of the formation of PSLs in a two-dimensional structure with variable current density (Dayem bridge) was performed. Chapter 3 examines The distribution of superconducting screening currents in spiral resonators is studied, crucial for developing electromagnetic metamaterials. A new LTLSM mode is introduced to visualize the phase of these currents. The research shows that at higher standing wave modes, the

current distribution becomes anisotropic, indicating limitations in using such resonators in metamaterials. Chapter 4 focuses on the effect of microwave fields on the RF SQUID's amplitude-frequency characteristics. It is shown that the μL parameter, which determines the SQUID's operational mode, can be tuned using a high-frequency field. Experimental results confirm the possibility of switching the RF SQUID from a hysteretic to a non-hysteretic mode, enhancing its conversion coefficient and sensitivity. The results are scientifically and practically significant, expanding the understanding of nonstationary states in superconducting structures under microwave fields. The findings provide a basis for new research into LTLSM responses in magnetic metamaterials and improve understanding of superconducting transitions to the normal state. The research also demonstrates control over the μL parameter in RF SQUIDs, offering enhanced performance in these devices.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0117U002291, 0122U001503

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:

- A. A. Leha, A. P. Zhuravel, A. Karpov, A. V. Lukashenko and A. V. Ustinov, "Phaseresolved visualization of radio-frequency standing waves in superconducting spiral resonator for metamaterial applications", *Low Temp. Phys.*, vol. 48, no. 2, pp. 104– 112, 2022, Q3 DOI: 10.1063/10.0009288
- O. G. Turutanov, A. G. Sivakov, A. A. Leha, A. S. Pokhila, A. E. Kolinko and M. Grajcar, "Some aspects of the resistive-to-normal state transition caused by direct and microwave currents in superconducting thin films with phase slip lines", *Low Temp. Phys.*, vol. 50, no. 4, pp. 289–298, 2024, Q3 DOI: 10.1063/10.0025294
- V. I. Shnyrkov, V. Yu. Lyakhno, O. A. Kalenyuk, D. G. Mindich, O. O. Leha, A. P. Shapovalov, "Control of the effective value of the critical current of the RF SQUID by the high-frequency electromagnetic field", *Low Temp. Phys.*, vol. 50, no. 6, pp. 497–501, 2024, Q3 DOI: 10.1063/10.0026089
- A.A. Leha, A.P. Zhuravel, A. Karpov, A.V. Lukashenko, A.V. Ustinov, "Phaseresolved Visualization of Radio Frequency Standing Waves in Superconducting Spiral Resonator for Metamaterial Applications", II International Advanced Study Conference "Condensed Matter & Low Temperature Physics 2021" (CM<P 2021), 6-12 June, 2021, Kharkiv, Ukraine, Abstracts, p. 227 (2021).
- A.A. Leha, A.P. Zhuravel, A. Karpov, A.V. Ustinov, "Phase Sensitive Imaging of Microwave Signal Propagation in Superconducting Metamaterials", 2021 IEEE 11th 12 International Conference "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021), 5- 11 September, 2021, Odesa, Ukraine, Poster.
- A.A. Leha, A.P. Zhuravel, A.V. Ustinov, "Technological Limitations and Performances of Superconducting Metamaterial: Laser Scanning Microscopy Analysis", III International Advanced Study Conference "Condensed Matter & Low Temperature Physics 2023" (CM<P 2023), 5-11 June, 2021, Kharkiv, Ukraine, Online, Abstracts, p.227 (2023).
- V.I. Shnyrkov, V.Yu. Lyakhno, O.G. Turutanov, O.O. Leha, "Control of the effective value of μL parameter in an RF SQUID by the high-frequency electromagnetic field", IV International Conference "Condensed Matter & Low Temperature Physics 2024" (CM<P 2024), 3-7 June, 2024, Kharkiv, Ukraine, Online, Abstracts, p. 235 (2024).
- V. Yu. Lyakhno, O. G. Turutanov, O. O. Leha, "Control of the effective value of μL parameter in an RF SQUID by the high-frequency electromagnetic field for application in RF-SQUID based metamaterials", XII International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" (NANO-2024), 24-28 August, 2024, Uzhhorod, Ukraine,

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 ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0117U002291, 0122U001503

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шевченко Сергій Миколайович

2. Sergiy M. Shevchenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3655-0365

Додаткова інформація:

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ляхно Валерій Юрійович

2. Valery Y. Lyakhno

Кваліфікація: к.т.н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2543-1240

Додаткова інформація: Scopus Author Identifier: 15519955900; Web of Science ResearcherID: AAD-5465-2020

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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гриб Олександр Миколайович
2. Olexander Grib

Кваліфікація: д. ф.-м. н., пров.н.с., 01.04.22

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5772-9861

Додаткова інформація: Scopus Author Identifier: 7004101290; Web of Science ResearcherID: GBF-4105-2022

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Касаткін Олександр Леонідович
2. Oleksandr L. Kasatkin

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9180-8571

Додаткова інформація: Scopus Author Identifier: 7005253314; Web of Science ResearcherID: HTO-3593-2023

Повне найменування юридичної особи: Інститут металофізики ім. Г.В. Курдюмова НАН України

Код за ЄДРПОУ: 25010100

Місцезнаходження: , 03680

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Соловйов 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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Терехов Андрій Валерійович

2. Andrii V. Terekhov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1186-2314

Додаткова інформація: Scopus Author Identifier: 57010559900

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:

VIII. Заключні відомості

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

Колесніченко Юрій Олексійович

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

Колесніченко Юрій Олексійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Калиненко Олександр Миколайович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна