Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002696

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 22-07-2024

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Квітка Ніна Михайлівна
2. Nina M. Kvitka

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 35357 Фізика та астрономія (104 Фізика та астрономія)

Дата захисту: 15-08-2024

Спеціальність за освітою: фізика та астрономія

Місце роботи здобувача: 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:

Сектор науки: Академічний

III. Відомості про дисертацію

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): DF ID 6169

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:

Сектор науки: Академічний

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

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:

Сектор науки: Академічний

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.17

Тема дисертації:

1. Поширення електромагнітних збуджень у шаруватих надпровідниках, кероване статичним магнітним полем

2. Propagation of electromagnetic excitations in layered superconductors controlled by a dc magnetic field

Реферат:

1. Мета роботи – дослідити аналітично транспорт терагерцових електромагнітних хвиль через пластину шаруватого надпровідника та визначити можливості його налаштування з використанням статичного магнітного поля. Об'єкт досліджень – транспорт терагерцових плоских хвиль і терагерцових хвильових пучків гауссового профілю в пластині шаруватого надпровідника. Теоретичні та практичні результати. Показано, що в геометрії, коли шари шаруватого надпровідника паралельні границі розділу між вакуумом (з обох боків) і пластиною, порушення електронейтральності може викликати появу аномальної дисперсії

локалізованих хвиль в області частот, близьких до джозефсонівської плазмової частоти. Також виявлено інші наслідки цього ефекту, такі як поява додаткової забороненої зони поблизу цієї частоти й те, що для деяких параметрів спостерігається виродження спектра. Показано, що закон дисперсії для локалізованих хвиль у пластині шаруватого надпровідника у випадку, коли шари перпендикулярні поверхням, є чутливим до зовнішнього статичного магнітного поля. Показано, що в Отто-геометрії, коли зразок шаруватого надпровідника знаходиться в діелектричному середовищі та відокремлений від нього тонкими просторовими проміжками вакууму, зміна статичного магнітного поля дозволяє отримати різні типи резонансних залежностей коефіцієнта пропускання від кута падіння, що відрізняються кількістю піків і їхньою шириною. Показано, як статичне поле може використовуватись для налаштування прозорості зразка та потребує на два порядки меншої відносної точності при встановленні, ніж у випадку керування за допомогою зміни частоти. Отримано вирази для фокусної відстані та мінімального радіуса гаусового пучка, що фокусується пластиною шаруватого надпровідника, які залежать від статичного магнітного поля. Показано, що зміна величини поля дозволяє налаштовувати ці величини в широкому діапазоні значень, а також переводити пластину між режимами фокусування та розфокусування. Новизна наукових результатів. Вперше знайдено закон дисперсії локалізованих хвиль у пластині шаруватого надпровідника скінченної товщини в різних геометріях з урахуванням ефекту порушення електронейтральності шарів надпровідника та з урахуванням наявності зовнішнього статичного магнітного поля. Вперше модифіковано трансфер-матричний метод для опису поширення нелінійних електромагнітних хвиль у пластині шаруватого надпровідника, що знаходиться в зовнішньому постійному магнітному полі, та вперше знайдено специфічні матриці, які відповідають за взаємодію джозефсонівських плазмових хвиль із зовнішнім магнітним полем. Вперше теоретично досліджено вплив статичного магнітного поля на резонансну прозорість тонкого зразка шаруватого надпровідника для ТГц хвиль, коли зразок знаходиться в діелектричному середовищі та відокремлений від нього тонкими просторовими проміжками вакууму. Вперше теоретично досліджено вплив статичного магнітного поля на фокусування лазерного пучка гауссового профілю пластиною шаруватого надпровідника. Методи досліджень. Для отримання результатів використовувалися добре перевірені та загально прийняті методи теоретичної фізики, методи числових розрахунків і наближені методи асимптотичного аналізу. Поля в шаруватому надпровіднику аналізувалися за допомогою розв'язання зв'язаних синусоїдальних рівнянь Гордона. Проходження хвиль через багатошарову систему досліджувалося за допомогою методу трансфер-матриць. Порівняння результатів отриманих аналітичних виразів з числовими розрахунками слугувало додатковою верифікацією застосованих підходів. Ступінь упровадження. Результати дисертаційної роботи розширюють наявні фундаментальні теоретичні уявлення про особливості поширення ТГц електромагнітних хвиль у високотемпературних надпровідниках шаруватої структури. На основі цих результатів можливо створити нові прилади, що працюють у характерному для шаруватих високотемпературних надпровідників ТГц діапазоні частот, зокрема фільтри, змішувачі, підсилювачі. Сфера використання. Сфера можливих застосувань таких приладів є дуже широкою: від медичної діагностики до астрономічних спостережень. Досліджена можливість використання статичного магнітного поля для налаштування параметрів шаруватого надпровідника дозволяє запропонувати це як ефективний метод керування роботою таких приладів в експериментальних установках.

2. The purpose of the work is to investigate analytically the transport of terahertz electromagnetic waves through a layered superconductor plate and determine the possibilities of its tuning using a static magnetic field. The object of research is the transport of terahertz plane waves and terahertz wave beams of Gaussian profile in a layered superconductor plate. Theoretical and practical results. It is shown that in the geometry when the layers of a layered superconductor are parallel to the interface between the vacuum (on both sides) and the plate, the breaking of charge neutrality can cause the appearance of anomalous dispersion of localized waves in the frequency region close to the Josephson plasma frequency. Other consequences of this effect are also revealed, such as the appearance of an additional forbidden zone near this frequency and the fact that for some parameters a degeneration of the spectrum is observed. It is shown that the dispersion law for localized waves in a plate of a layered superconductor in the case when the layers are perpendicular to the surfaces is sensitive to an external

static magnetic field. It is shown that in the Otto geometry, when a sample of a layered superconductor is in a dielectric medium and separated from it by thin spatial vacuum gaps, a change in the static magnetic field allows to obtain different types of resonant dependencies of the transmittance on the angle of incidence, which differ in the number of peaks and their width. It is shown how the static field can be used to adjust the transparency of the sample and requires two orders of magnitude less relative accuracy in setting than in the case of control by changing the frequency. The expressions for the focal length and minimum radius of the Gaussian beam focused by a layered superconductor plate, which depend on the static magnetic field, are obtained. It is shown that changing the field magnitude allows to adjust these values in a wide range of values, as well as to switch the plate between focusing and defocusing modes. Novelty of scientific results. For the first time, the law of dispersion of localized waves in a plate of a layered superconductor of finite thickness in different geometries was found, taking into account the effect of violation of the charge neutrality of the superconductor layers and the presence of an external static magnetic field. For the first time, the transfer-matrix method was modified to describe the propagation of nonlinear electromagnetic waves in a layered superconductor plate under an external constant magnetic field, and for the first time, specific matrices responsible for the interaction of Josephson plasma waves with an external magnetic field were found. For the first time, the effect of a static magnetic field on the resonant transparency of a thin sample of a layered superconductor for THz waves is theoretically investigated when the sample is in a dielectric medium and separated from it by thin spatial vacuum gaps. The effect of a static magnetic field on the focusing of a Gaussian laser beam by a layered superconductor plate is investigated theoretically for the first time. Research methods. Well-tested and generally accepted methods of theoretical physics, methods of numerical calculations, and approximate methods of asymptotic analysis were used to obtain the results. The fields in a layered superconductor were analyzed by solving the coupled sinusoidal Gordon equations. Wave propagation through the multilayer system was studied using the transfer matrix method. Comparison of the results of the obtained analytical expressions with numerical calculations served as an additional verification of the applied approaches. Degree of implementation. The results of the thesis extend the existing fundamental theoretical understanding of the peculiarities of THz electromagnetic wave propagation in high-temperature superconductors of layered structure. Based on these results, it is possible to create new devices operating in the THz frequency range characteristic of layered high-temperature superconductors, including filters, mixers, and amplifiers. Scope of use. The scope of possible applications of such devices is very wide: from medical diagnostics to astronomical observations. The investigated possibility of using a static magnetic field to adjust the parameters of a layered superconductor allows us to propose this as an effective method of controlling the operation of such devices in experimental installations.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0117U004038, 0120U100233

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 транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. N. Kvitka, S.S. Apostolov, N. M. Makarov, T. Rokhmanova, A. A. Shmat'ko, V.A. Yampol'skii Resonant transparency of a layered superconductor: Hyperbolic material in the terahertz range tuned by dc magnetic field. Phys. Rev. B 2021. Vol. 103. P. 104512. DOI: 10.1103/PhysRevB.103.104512 (Q1 (2021))

- 2. T. Rokhmanova, S.S. Apostolov, N. Kvitka, V.A. Yampol'skii. Effect of a dc magnetic field on the anomalous dispersion of localized Josephson plasma modes in layered superconductors. Low Temp. Phys. 2018. Vol. 44. P. 552–560. DOI: 10.1063/1.5037558 (Q3 (2018)).
- 3. N. Kvitka, T. Rokhmanova, S.S. Apostolov. Modification of transfermatrix method for electromagnetic waves in layered superconductor in presence of dc magnetic field. Вісник Харківського національного університету імені В. Н Каразіна. Серія Фізика. 2019. Vol. 31. P. 42-47. DOI: 10.26565/2222-5617-2019-31-6 (Категорія Б (2019)).
- 4. N. Kvitka, H.V. Ovcharenko, Z.A. Maizelis, S.S. Apostolov, V.A. Yampol'skii. Laser beam focusing by layered superconductor tuned by DC magnetic field. ArXiv. 2024.
- 5. N. Kvitka, S.S. Apostolov, V.A. Yampol'skii. Effect of Chargeneutrality Breaking on Localized Terahertz Waves in a Plate of Layered Superconductor. 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW) (November 14 – 18). Ukraine, 2022, доповідь, приз за найкращу доповідь серед аспірантів та молодих вчених P. 214-216.
- 6. N. Kvitka, S.S. Apostolov, T. Rokhmanova, V.A. Yampol'skii. Resonant Suppression of the THz Wave Reflection from a Plate of Layered Superconducting Metamaterial Tunable by DC Magnetic Field. 2021. Fifteenth International Congress on Artificial Materials for Novel Wave Phenomena (Metamaterials) (September 20-23). New York, USA, 2021, доповідь P. 214- 216.
- 7. Н. Квітка, С.С. Апостолов, Т. Рохманова. Резонансне пропускання ТГц-хвилі через шаруватий надпровідник, кероване зовнішнім магнітним полем постійного струму. 2020. XX Всеукраїнська школа-семінар та Конкурс молодих вчених зі статистичної фізики та теорії конденсованої речовини (Жовтень 15-16). Львів, Україна, доповідь, диплом з відзнакою P. 27.
- 8. T. Rokhmanova, S.S. Apostolov, N. Kvitka, V.A. Yampol'skii. Dispersion of THz Modes Localized on Layered Superconductor Controlled by DC Magnetic Field. 2018. 48th European Microwave Conference (EuMC) (Sep. 25 - 27). Madrid, Spain, 2018 P. 1509-1512.
- 9. T. Rokhmanova, S.S. Apostolov, N. Kvitka, V.A. Yampol'skii. Description of Localized Josephson Plasma Waves: Legendre Functions vs WKB Approximation. 2018. IEEE 17th International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory (MMET) (2-5 July). Kyiv, Ukraine, 2018, P. 181-184.
- 10. T. Rokhmanova, S.S. Apostolov, N. Kvitka, V.A. Yampol'skii. Controlled Surface Terahertz Plasmonics in Layered Superconductors. Complex Quantum Systems Out of Equilibrium (August 25-29) Murcia, Spain, 2019, P. 16.
- 11. N. Kvitka, T. Rokhmanova, S.S. Apostolov, V.A. Yampol'skii. Localized josephson plasma waves in a plate of layered superconductor in the presence of a dc magnetic field. X International Conference for Professionals and Young Scientists "LOW TEMPERATURE PHYSICS"in memory of B.Verkin for his 100th birthday anniversary (June 3 - 7) Kharkiv, Ukraine, 2019, P. 48.
- 12. N. Kvitka, T. Rokhmanova, S.S. Apostolov. Resonant THZ wave transmission through a slab of a layered superconductor tuned by an external dc magnetic field. International Scientific Conference "Physical Phenomena in Solids" (December 3-5) Kharkiv, Ukraine, 2019, P. 26.

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

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: 0117U004038, 0120U100233

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Майзеліс Захар Олександрович
2. Zakhar O. Maizelis

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

Ідентифікатор ORCHID 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:

Сектор науки: Академічний

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Філь Дмитро Вячеславович
2. Dmytro V. Phil

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-5091-1361

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут монокристалів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 00210217

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шевченко Сергій Миколайович

2. Sergiy M. Shevchenko

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

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-3655-0365

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Фізико-технічний інститут низьких температур імені Б. І. Вєркіна 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

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Воловічев Ігор Миколайович

2. Igor M. Volovichev

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.н.с., 01.04.04

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-1136-1920

Додаткова інформація:

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:

Сектор науки: Академічний

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Білецький Микола Миколайович

2. Mykola M. Biletskyi

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.03

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-3194-7251

Додаткова інформація:

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:

Сектор науки: Академічний

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Аверков Юрій Олегович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Аверков Юрій Олегович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Іванченко І.В.
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна