

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0221U102107

Державний реєстраційний номер: 0116U002670

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 28-01-2021

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Високотемпературна надпровідність та конкуруючі упорядкування в неоднорідних матеріалах.

Початок етапу: 01.2016

Закінчення етапу: 12.2020

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Інститут фізики
Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, м. Київ, Київська обл., 03680, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380445251220, 380445251589

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національна академія наук України

Код за ЄДРПОУ: 00019270

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 54, м. Київ, Київська обл., 01030, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет міністрів

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380442350981

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 6541030

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 1563.589

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Високотемпературна надпровідність та конкуруючі упорядкування в неоднорідних матеріалах.

Назва роботи англійською:

High-Tc superconductivity and competing orderings in inhomogeneous materials.

Реферат українською:

Об'єкт дослідження - високотемпературні надпровідники з хвилями зарядової густини, розломні тунельні переходи, шаруваті структури з кулонівською взаємодією між зарядами та диполями. Мета роботи - теоретично та експериментально дослідити тунельні розломні переходи, отримані між фрагментами кристалів шаруватих високотемпературних надпровідників, з'ясувати роль хвиль зарядової густини (ХЗГ) та можливість їх виявлення в тунельних експериментах. Теоретично дослідити електростатичну взаємодію між зарядами й диполями в шаруватих структурах і дзеркальні сили, які виникають завдяки різниці діелектричних проникностей. Методи дослідження — метод вимірювання тунельних струмів через розломні переходи (break junctions), скануюча тунельна мікроскопія, метод тунельного гамільтоніана, метод функцій Гріна, метод нелокальної електростатики. Результати - теоретично показано, що наявність просторової неоднорідності параметрів порядку в матеріалі електродів радикально змінює вольт-амперні характеристики (ВАХ) надпровідних оксидів із ХЗГ. А саме, вони згладжуються та стають дуже подібними на ті, які спостерігаються на експерименті. Це було підсумовано у відповідному опублікованому огляді. Розрахунки ВАХ були проведені для некогерентного тунелювання, коли не зберігається імпульс квазічастинки. Це відповідає експериментальною ситуацією при тунелюванні вздовж с-осі кристалів, тобто поперек шарів. Натомість у так званих розломних переходах переважний напрямок струму пролягає вздовж шарів. І тоді квазічастинковий струм є когерентним. Також були проведені відповідні розрахунки. Зокрема, було показано як ефекти неупорядкованості формують ВАХ та як на це впливають повороти кристалів, які відбуваються у випадковий спосіб під час розлому. Результати розрахунків ВАХ добре узгоджуються з проведеними нами експериментами для $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$. Побудовано електростатичну теорію взаємодії зарядів у тришарових середовищах.

Реферат англійською:

Object to study - high-temperature superconductors with charge density waves, break tunnel transitions, layered structures with Coulombic interaction between charges and dipoles. Purpose — To study, theoretically and experimentally, tunnel break transitions obtained between crystal fragments of layered high-temperature superconductors, elucidate the role of charge density waves (CDWs) and the possibility of their detection in tunnel experiments. To study theoretically the electrostatic interaction between charges and dipoles in layered structures and image forces that arise due to the difference of dielectric constants. Research methods - measurement of tunnel currents through break junctions, scanning tunnel microscopy, tunnel Hamiltonian method, Green's function method, nonlocal electrostatics method. Results — It was theoretically shown that the spatial inhomogeneity of order parameters in the electrode material drastically changes the current-volt characteristics (CVCs) of superconducting oxides with CDWs. Namely, they become smoothed and very similar to those observed experimentally. This result was summarized in a corresponding review. - CVC calculations were performed for incoherent tunneling, when the quasiparticle momentum is not preserved. This model corresponds to the experimental geometry with tunneling along the c-axis of the crystals, i.e. across the layers. On the other hand, the current runs predominantly along the layers in the so-called broken junctions (BJs); in this case the quasiparticle current is coherent. The corresponding calculations were also performed. In particular, it was shown how the disordering effects form the CVCs and how the crystal rotations randomly occurring at the BJ fabrication affect them. The resulting CVCs are in good agreement with our experiments for $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$. - The

electrostatic theory of charge interaction in three-layer media was developed.

Індекс УДК: 538.945, 538.945

Коди тематичних рубрик: 29.19.29

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Габович Олександр Маркович

Науковий ступінь: д. ф.-м. н.

Вчене звання: с.н.с.

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Метод вимірювання тунельних струмів через розломні переходи (break junctions), скануюча тунельна мікроскопія, метод тунельного гамільтоніана, метод функцій Гріна, метод нелокальної електростатики.

Назва НТП англійською: Measurement of tunnel currents through break junctions, scanning tunnel microscopy, tunnel Hamiltonian method, Green's function method, nonlocal electrostatics method.

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії

Галузь застосування: 72.19

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Теоретично показано, що наявність просторової неоднорідності параметрів порядку в матеріалі електродів радикально змінює вольт-амперні характеристики (ВАХ) надпровідних оксидів із хвилями зарядової густини (ХЗГ). А саме, вони згладжуються та стають дуже подібними на ті, які спостерігаються на експерименті. Це було підсумовано у відповідному опублікованому огляді. Проведені розрахунки ВАХ для некогерентного тунелювання, коли не зберігається імпульс квазічастинки. Це відповідає експериментальною ситуацією при тунелюванні вздовж с-осі кристалів, тобто поперек шарів. Натомість у так званих розломних переходах переважний напрямок струму пролягає вздовж шарів. І тоді квазічастинковий струм є когерентним. Також були проведені відповідні розрахунки. Зокрема, було показано як ефекти неупорядкованості формують ВАХ та як на це впливають повороти кристалів під час розлому, які відбуваються у випадковий спосіб. Побудовано електростатичну теорію взаємодії зарядів у тришарових середовищах. Запропоновано нову просту аналітичну формулу, яка дозволяє добре описувати взаємодію зарядів. Для двошарових та тришарових середовищ показано, як, в залежності від діелектричних констант шарів, змінюється показник залежності W від латеральної відстані R , радикально відхиляючись від класичного значення -1 . З урахуванням просторової дисперсії діелектричних проникностей середовищ розраховано взаємодію диполів у двошаровій системі. Знайдені відповідні аналітичні формули для великих відстаней. Розрахунки проведені як для планарної, так і для вертикальної орієнтації диполів. Побудовано теорію дзеркальних сил для диполів у тришарових середовищах. Енергію поляризаційної взаємодії знайдено точно в термінах відомих спеціальних функцій.

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

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

- A. M. Gabovich, A. I. Voitenko. Electrostatic charge-charge and dipole-dipole interactions near the surface of a medium with screening non-locality (Review Article) // *Fizika Nizkikh Temperatur*, 2016, v. 42, N 8, p. 841–853. – *Low Temperature Physics* 42, N8, 661–671 (2016); Doi: 10.1063/1.4960496. Q3.
- A. M. Gabovich, A. I. Voitenko. Spatial distribution of superconducting and charge-density-wave order parameters in cuprates and its influence on the quasiparticle tunnel current (Review Article) // *Fizika Nizkikh Temperatur*, 2016, v. 42, N 10, p. 1103–1114. – *Low Temperature Physics* 42, 863 (2016); Doi: 10.1063/1.4965890. Q3.
- A. Sugimoto, Y. Sakai, T. Ekino, S. Zhang, M. Tanaka, S. Yamanaka, A. M. Gabovich. Scanning Tunnelling Microscopy and Spectroscopy of the Layered Nitride Superconductor α - Na_xTiNCl // *Physics Procedia*, 2016, v. 81, p. 73 – 76. Doi: 10.1016/j.phpro.2016.04.029.
- T. Ekino, A. M. Gabovich, Mai Suan Li, H. Szymczak and A. I. Voitenko. Influence of the spatially inhomogeneous gap distribution on the quasiparticle current in c-axis junctions involving d-wave superconductors with charge density waves // *J. Phys.: Condens. Matter*, 2016, v. 28, N44, 445701. Doi: 10.1088/0953-8984/28/44/445701. Q1.
- M. Kouza, P. D. Lan, A. M. Gabovich, A. Kolinski, M. S. Li. Switch from thermal to force-driven pathways of protein refolding // *J. Chem. Phys.*, 2017, v. 146, N13, 135101. Doi: 10.1063/1.4979201. Q1.
- A. Sugimoto, T. Ekino, A. M. Gabovich, R. Sekine, K. Tanabe, K. Tokiwa. Multilayered cuprate superconductor $\text{Ba}_2\text{Ca}_5\text{Cu}_6\text{O}_{12}(\text{O}_{1-x}\text{F}_x)_2$ studied by temperature-dependent scanning tunneling microscopy and spectroscopy // *Phys. Rev. B*, 2017, v. 95, N 17, p. 174508 (11 pages). Doi: 10.1103/PhysRevB.95.174508. Q1.
- A. M. Gabovich, A. I. Voitenko. How does the break-junction quasiparticle tunnel conductance look like for d-wave superconductors? // *Fizika Nizkikh Temperatur*, 2017, v. 43, N 10, pp. 1471–1481. – *Low Temperature Physics* 43, 1172 (2017). Doi: 10.1063/1.5008408. Q3.
- T. Ekino, A. M. Gabovich, M. S. Li, H. Szymczak, A. I. Voitenko. Quasiparticle conductance-voltage characteristics for break junctions involving d-wave superconductors: charge-density-wave effects // *Journal of Physics: Condensed Matter*, 2017, Volume 29, Number 50, 505602 (18 pages). Doi: 10.1088/1361-648X/aa9867. Q1.
- A. M. Gabovich, A. I. Voitenko. The 'non-Coulombic' character of classical electrostatic interaction between charges near interfaces // *Eur. J. Phys.* 2018, v. 39, N4, 045203, 12 pages. Doi: 10.1088/1361-6404/aabbf9. Q2.
- T. Ekino, A. Sugimoto, A. M. Gabovich. Gap features of layered iron-selenium-tellurium compound below and above the superconducting transition temperature by break-junction spectroscopy combined with STS // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2018, v. 369, n. 1, 012024 (7 pages). Doi: 10.1088/1757-899X/369/1/012024.
- Alexander M. Gabovich, Alexander I. Voitenko. Electrostatic interaction near the interface between dielectric media taking into account the nonlocality of the Coulomb field screening // *Journal of Molecular Liquids*, (2018), v. 267, 166–176. Doi: 10.1016/j.molliq.2017.09.044. Q1.

Alexander M. Gabovich, Valerii F. Semeniuk, Nadiia I. Semeniuk, New collective trampoline mechanism of accelerated ion-plasma sputtering // J. Phys. D: Appl. Phys. 52 (2019) 185201 (15pp) Doi: 10.1088/1361-6463/ab05a1. Q1.

Alexander M. Gabovich and Alexander I. Voitenko. Electrostatic Interaction of Point Charges in Three-Layer Structures: The Classical Model // Condens. Matter, 2019, v. 4, N 2, 44 (45 pages). Doi:10.3390/condmat4020044.

A. Sugimoto, Y. Yanase, T. Ekino, T. Muranaka, A. M. Gabovich. Atomic structures and nanoscale electronic states on the surface of MgB₂ superconductor observed by scanning tunneling microscopy and spectroscopy // Fizika Nizkikh Temperatur, 2019, v. 45, N 11, pp. 1423-1433 – Low Temp. Phys. 45, 1209-1216 (2019); Doi: 10.1063/10.0000132. Q3.

A. M. Gabovich, Mai Suan Li, H. Szymczak, A. I. Voitenko. Non-Coulombic behavior of electrostatic charge-charge interaction in three-layer heterostructures // J. Electrostatics, 2019, v. 102, ID 103377 (10 pages). Doi: 10.1016/j.elstat.2019.103377. Q2.

Toshikazu Ekino, Alexander M. Gabovich, Mai Suan Li, Henryk Szymczak, and Alexander I. Voitenko, Break-junction tunneling spectra of Bi₂212 superconducting ceramics: Influence of inhomogeneous d-wave-Cooper-pairing and charge-density-wave order parameters // Fiz. Nizkikh Temp. 46, N4, 481-496 (2020). –Low Temp. Phys. 46, N4, 400-413 (2020). DOI: 10.1063/10.0000873. Q3.

Alexander M. Gabovich, Mai Suan Li, Henryk Szymczak, and Alexander I. Voitenko. Electric dipole image forces in three-layer systems: The classical electrostatic model // J. Chem. Phys., 2020, v. 152, N9, 094705 (12 pages). Doi: 10.1063/1.5142280. Q1.

A. Sugimoto, M. Iwano, S. Ishimitsu, T. Ekino, A. M. Gabovich. Nano-scale periodic structures and gap distribution in Pb-doped Bi₂223 cuprate superconductors observed by STM/STS // Superconducting Science and Technology, 2020, v. 33, N 9, 095011 (10 pages). Doi: 10.1088/1361-6668/aba34f. Q1.

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Бондар Михайло Віталійович
д. ф.-м. н.

Перелік осіб-виконавців

Бойчук Валерій Миколайович

Войтенко Олександр Іванович
(д.ф.-м.н., 01.04.07)

Габович Олександр Маркович
(д. ф.-м. н.)

Відповідальний за підготовку облікових документів

Машкін В.Л.

Телефон

+38 (044) 525-55-79

Реєстратор

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

