

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Степанова Віктора Борисовича

«ТРАНСПОРТНІ ВЛАСТИВОСТІ І ТЕРМОЕРС МІДІ І МІДНО-ОКСИДНИХ ВТНП, РОЛЬ ДЕФЕКТІВ»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія»

(галузь знань 10 «Природничі науки»)

Актуальність теми дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Степанова В.Б. присвячена вирішенню наукової задачі – з'ясуванню впливу дефектів на транспортні властивості в мідних провідниках та мідно-оксидних надпровідниках. Одним з найбільш важливих досягнень сучасної фізики твердого тіла є відкриття високотемпературної надпровідності (ВТНП), зокрема купратів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ з активною площиною CuO_2 . Ці сполуки, крім високої критичної температури надпровідного перетворення, T_c , мають малу густину носіїв заряду, n_f , яка навіть в оптимально допованих зразках на порядок менша, ніж в звичайних металах, сильні електронні кореляції, та значну анізотропію електронних властивостей. Механізм спарювання електронів, що призводить до ВТНП, не з'ясований, хоча підвищення надпровідних та поліпшення технологічних характеристик ВТНП-матеріалів відкриває найширші перспективи їх застосування. Для вирішення цієї проблеми потрібні експериментальні та теоретичні дослідження комплексу властивостей, зокрема транспортних, у широкому інтервалі температур вище T_c . Зручним матеріалом для таких досліджень є саме $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, для якого відпрацьовані методики отримання зразків високої якості, характеристики яких можна змінювати варіюванням кисневого дефіциту. Таким чином тема дисертації є безсумнівно, **актуальною** як для фундаментальної фізики, так і в прикладному аспекті.

Актуальність теми також підтверджується тим, що дисертаційна робота В.Б. Степанова виконувалася у відділі мікроконтактної спектроскопії Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України відповідно до бюджетних програм науково-дослідницьких робіт «Електронний транспорт в нових провідних і надпровідних системах», номер держреєстрації 0112Ш02637 та «Функціональні властивості новітніх надпровідникових сполук і металовмісних спін- та зарядово-впорядкованих структур», номер держреєстрації 0117Ш02294.

Обґрунтованість і достовірність наукових результатів, наведених у дисертації, забезпечується високим авторитетом Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України, коректністю постановки мети та завдань дослідження, високим рівнем експериментальної техніки та доброю відтворюваністю результатів. Усі висновки роботи випливають із матеріалів, які викладено в дисертації та публікаціях у рецензованих фахових виданнях за темою дисертації. Отримані результати апробовані на вітчизняних та міжнародних наукових конференціях. Усі результати узгоджуються між собою та з відповідними літературними теоретичними та експериментальними даними інших авторів.

Наукова новизна отриманих результатів.

В ході виконання досліджень автором було отримано ряд наукових результатів, які мають необхідні ознаки наукової новизни, а саме:

- вперше отримано дані про вплив дефектів на особливості поведінки температурної залежності диференціальної термоЕРС міді;
- вперше виявлено зміну температурних залежностей термоЕРС, $S(T)$, в полікристалах YBCO при температурі відкриття псевдощільності (ПЩ), T^* , яка обумовлюється перебудовою поверхні Фермі (ПФ);
- вперше показано, що залежність $S(T)/T$ від $\log T$ відхиляється від лінійної при зменшенні густини носіїв заряду, n_f , нижче критичного допування p^* , що вказує на зміну ПФ при переході n_f через квантову критичну точку;
- вперше виявлено зміну нахилу температурної залежності критичних струмів у плівках YBCO з дефектами, що вказує на можливість 3D-2D кросовера в ВТНП нижче T_c .

Наукова і практична цінність отриманих результатів.

Автором були отримані результати, що несуть фундаментальний характер, сприяють розширенню розуміння природи флуктуаційної провідності та формування псевдощільного стану в купратних ВТНП. Результати дисертаційної роботи можуть бути використані для з'ясування механізмів надпровідного спарювання, що сприятиме пошуку та створенню нових матеріалів з високими характеристиками надпровідності, потрібних для різних галузей народного господарства, що відкриває шлях до їх практичного застосування у майбутньому.

Повнота викладення у наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації.

За результатами досліджень опубліковано 13 наукових праць, у тому числі: 6 статей у провідних фахових виданнях включених до переліку фахових видань України. Всі журнали проіндексовані у міжнародних наукометричних базах Scopus та Web of Science Core Collection; 7 тез доповідей опубліковано в збірниках праць міжнародних і вітчизняних конференцій.

Структура, оцінка мови, стилю та оформлення дисертації.

Дисертація В.Б. Степанова складається з анотації українською та англійською мовами, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел (183 найменувань), а також додатків зі списком праць, що опубліковано за темою дисертації, та відомості про апробацію результатів дисертації. Кожний розділ містить висновки за розділом, розділи 3-5 містять відповідні короткі вступи. Робота викладена на 148 сторінках, містить 5 таблиць та 34 рисунка.

У вступі автором обґрунтовано актуальність обраної теми дисертації, її зв'язок з тематичним планом Фізико-технічного інституту низьких температур імені Б.І. Веркіна НАН України; сформульовані мета та завдання дослідження, названі об'єкт, предмет та методи дослідження, його наукова новизна та практична цінність; наведені особистий внесок здобувача, дані про публікації та апробацію результатів дисертаційної роботи, а також структура та обсяг дисертації.

У першому розділі проаналізовано літературні дані щодо структури та ряду фізичних властивостей об'єктів, що вивчалися в роботі. Цей огляд включає теоретичні основи фізики термоЕРС в металах, де приведені відомості про температурну залежність коефіцієнта Зеєбека, $S(T)$, в простих металах (міді), і складних з'єднаннях, Також включені відомості відносно природи та ймовірних механізмів виникнення надпровідного стану та надлишкової провідності, а також псевдощілини в ВТНП. Наведено інформацію про кристалічну структуру сполук, що належать до купратів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ (YBCO), а також проаналізовані можливі механізми появи псевдощілини в високотемпературних надпровідниках в моделі локальних пар. Детально розглянуті теоретичні аспекти опису температурних залежностей густини критичних струмів в ВТНП в порівнянні з флуктуаційною провідністю в тонких плівках $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ з різною кількістю дефектів. Розділ завершується постановкою завдань дисертаційної роботи.

Другий розділ присвячено опису отримання та процедури підготовки до вимірювань досліджуваних зразків з міді, міднооксидних полікристалів та тонких плівок $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, наведено методику вимірювання абсолютних значень термоЕРС. Також дано опис методики пластичної деформації мідного дроту та технології виготовлення полікристалів та тонких плівок $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$. Описано конструкцію криогенного устаткування, термометрію та процедури підготовки експериментальних зразків.

У третьому розділі наведені результати впливу пластичної деформації на питомий опір та термоЕРС у модельному матеріалі – міді, що відображає взаємодію домішок та дефектів, яка виникає в разі спотворення кристалічної решітки.

Четвертий розділ присвячено порівняльному аналізу температурних залежностей надлишкової провідності $\sigma'(T)$, псевдощільни $\Delta^*(T)$ та термоЕРС $S(T)$, у полікристалах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, яку вдалося описати в двухзонній моделі з додатковим лінійним по температурі вкладом з урахуванням температурної поправки. Були виявлені істотні аномалії на температурних залежностях питомого опору та термоЕРС, обумовлені зміною густини носіїв заряду під впливом відпалу. Надано феноменологічну модель, що якісно описує поведінку термоЕРС під час цієї трансформації.

П'ятий розділ містить результати експериментальних досліджень температурних залежностей електричного опору та густини критичних струмів тонких плівок $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ з різною концентрацією дефектів. Для цих зразків виконано порівняльний аналіз особливостей флуктуаційної провідності вище T_c та особливостей поведінки критичних струмів нижче T_c з точки зору впливу дефектів.

Завершується робота загальними висновками, списком використаних джерел та додатками.

У додатках наведено список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

Дисертація написана грамотно, викладена логічно та послідовно у традиційному науковому стилі. Оформлення роботи акуратне, термінологія загальноприйнята. Все це забезпечує адекватне сприйняття результатів та висновків дисертації.

Таким чином, можна констатувати, що дисертаційна робота В.Б. Степанова є завершеною кваліфікаційною роботою, яка виконана здобувачем особисто.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. С. 88. «...ширина резистивного переходу $\delta T_c = T_c(0.9\rho_N) - T_c(0.1\rho_N) \approx 2.5$ К досить мала, ...але... такий підхід дозволяє визначати значення T_c з точністю ± 0.1 К...» – Ширина НП-переходу 2.5 К свідчить про певну неоднорідність зразків, але питання однорідності зразків у дисертації не обговорюється.
2. С. 88. «Всі залежності $\rho(T)$ демонструють металеву поведінку і є лінійними вище T^* ...» – якщо поведінка металева, то бажано обговорити розсіювання на фонах, тим більш, що таке розсіювання теж призводить до лінійної $\rho(T)$ при $T \gg \theta$ і є типовим для металів !
3. У розділах 3–5 проводиться аналіз температурних залежностей опору, до якого доречно було б включити аналіз відповідних похідних.
4. В тексті є також невдалі вирази: С. 64. «...з відкачуванням атмосферного тиску...» – відкачують газ ! С. 65. «геометрію зразка орієнтували» – орієнтують зразок !
5. – Жаргонні вирази, яких треба уникати: С. 107. «...теоркриві...»; С. 108. «Число теормоделей...»; С. 121. «...все відбувається з точністю до навпаки...».

Зазначені вище зауваження не мають принципового характеру, не чіпають висновків роботи, і ні в якому разі не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Науковий рівень дисертації є високим, отримані результати не викликають сумнівів щодо їх достовірності, а висновки роботи є обґрунтованими.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота Віктора Борисовича Степанова «Транспортні властивості і термоЕРС міді і мідно-оксидних ВТНП, роль дефектів» є завершеною науковою працею, яка виконана на високому науковому рівні. Автором отримано нові, науково обґрунтовані результати в області експериментальної фізики твердого тіла, надано їх інтерпретацію та узагальнення. Дисертація написана хорошою науковою мовою та оформлена відповідно існуючим вимогам.

Вважаю, що дисертаційна робота Степанова В.Б. «Транспортні властивості і термоЕРС міді і мідно-оксидних ВТНП, роль дефектів» відповідає спеціальності 104 «Фізика та астрономія» та вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», та вимогам «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 467, зі змінами від 21 жовтня 2020 р.

№ 979. а її автор Степанов Віктор Борисович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

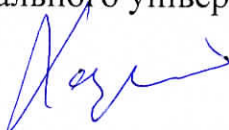
Офіційний опонент:

кандидат фізико-математичних наук, с.н.с.,

провідний науковий співробітник кафедри

фізики низьких температур фізичного факультету

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна МОН України



Г.Я. Хаджай

