

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію

ПЕТРЕНКА Євгена Володимировича

«Ефекти, що впливають на флуктуаційну провідність та формування псевдоцілінного стану в купратах та залізовмісних ВТНП»

подану на здобуття наукового ступеня

кандидата фізико-математичних наук

за спеціальністю 01.04.07 - фізика твердого тіла)

Актуальність теми

Дослідження природи високотемпературної надпровідності є одним з актуальних напрямків сучасної фізики твердого тіла. Це пов'язано як з потребою отримання матеріалів з високими надпровідними характеристиками, так і встановлення основних процесів і механізмів взаємодій квазічастинок в складних багатокомпонентних системах в надпровідному стану і в умовах, що йому передують, причому ці завдання є взаємодоповнюючими.

Поглиблення уявлень про природу купратних і залізовмісних ВТНП можна досягти при отриманні нової інформації при здійсненні експериментальних досліджень в широкому інтервалі температур електрофізичних властивостей зразків з контрольованим зміною в них типу і кількості дефектів, домішкового складу, впливом зовнішніх фізичних полів, а також проведенні аналізу експериментальних даних в рамках відомих фізичних теорій. Тому тема дисертаційної роботи Петренка Є.В. - дослідження основних електронних процесів і взаємодій, що контролюють формування нормального і надпровідного стану в ВТНП $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ під впливом відпалу в атмосфері кисню, витримки при кімнатній температурі і під впливом гідростатичного тиску в системах $YBCO$ з домішкою Pt , а також в залізовмісних надпровідниках $FeSe$ під впливом домішок - безумовно є актуальною.

Актуальність роботи підтверджує те, що її результати отримані при виконанні держбюджетних НДР («Електронний транспорт в нових провідних і надпровідних системах», номер держреєстрації 0112U002637 і «Функціональні властивості новітніх надпровідникових сполук і металовмісних спін та зарядово-впорядкованих структур», номер держреєстрації 0117U002294) у відділі транспортних властивостей провідних і надпровідних систем ФГІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України.

Структура дисертації, основні наукові і практичні результати і їх новизна

Дисертація Є.В. Петренка включає анотацію державною та англійською мовами і складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел (248 найменувань), а також додатків зі списком праць, що опубліковано за темою

дисертації, та відомості про апробацію результатів дисертації. Робота викладена на 150 сторінках, містить 9 таблиць і 38 рисунків.

У вступі автором обґрунтовано актуальність обраної дисертаційної теми, сформульовані її мета, наукова новизна і практична цінність, наведені дані про публікації та апробацію результатів дисертаційної роботи і ін.

Перший розділ «Основні властивості досліджуваних надпровідників (огляд літератури)» включає огляд літературних даних відносно природи й механізмів виникнення надпровідного стану та надлишкової провідності і псевдощільнини в ВТНП. Наведено дані про фазову діаграму сполуки $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, особливості кристалічної структури та специфічні механізми провідності в $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ та в новітньому ВТНП FeSe. На основі аналізу літературних даних була сформульована мета роботи та основні завдання.

У другому розділі «Об'єкти і методи експериментальних досліджень» наведено методи виготовлення монокристалів ВТНП типу $REBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ($Re=Y, Pr$) з контрольованим вмістом кисню і домішки Pr, бездвійникових зразків кристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ і полікристалів $FeSe_{0,94}$. Наведено опис установки для вимірювання електроопору зразків при низьких температурах і камери високого гідростатичного тиску. Слід відмітити, що вимірювання електроопору виконувались з використанням стандартної чотирьохточкової методики на автоматизованому комплексі Quantum Desgn PPMS-14T.

Розділи 3-5 містять результати систематичних комплексних досліджень купратних та залізовмісних ВТНП.

У третьому розділі «Вплив відпалу на властивості оптимально допованих бездвійникових монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ » наведено результати експериментальних досліджень впливу відпалу при підвищених температурах і витримки при кімнатній температурі на надлишкову провідність σ' та псевдощільнину Δ^* зразків. Показана добра відповідність поведінки надлишкової провідності поблизу T_c флуктуаційним теоріями Асламазова-Ларкіна та Хікамі-Ларкіна й продемонстровано 3D-2D кросовер при підвищенні температури. Визначено час фазової релаксації флуктуаційних куперівських пар, що не залежить від густини носіїв заряду. В результаті порівняння експериментальних даних з теорією Пітерса-Бауера, що є варіантом тривимірної моделі Хаббарда, проведена оцінка густини локальних пар $\langle n_{\uparrow}n_{\downarrow} \rangle \approx 0,3$ пролизу T_c .

У четвертому розділі «Властивості монокристалів $Y_{0,95}Pr_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ під тиском до 1,7 ГПа» наведено результати досліджень барічних залежностей питомого опору, T_c , $\sigma'(T)$ і проаналізовано вплив тиску P на температурну залежність σ' і Δ^* зразків, що містили дефекти, створені внаслідок заміщення Pr частини атомів Y, а також межі двійників. Показано, що поблизу T_c поведінка σ' при всіх величинах P добре описується

флуктуаційними 3D теоріями (Асламазова-Ларкіна та Лоуренца-Доніаха), але зміна під тиском практично всіх вимірюваних параметрів в монокристалах $Y_{0,95}Pr_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-8}$ носить пороговий характер (починаючи з $P \sim 1$ ГПа), що віднесено до порогового покращенням структурного порядку під впливом тиску.

П'ятий розділ «Аналіз надлишкової провідності та можливості існування псевдощілини у надпровідниках FeSe» присвячено дослідженню електрофізичних властивостей полікристалічних зразків $FeSe_{0,94}$ одержаних різними технологічними методами. Показано, що температурна залежність надлишкової провідності в області надпровідних флуктуацій поблизу T_c дуже добре апроксимується 3D флуктуаційною теорією Асламазова-Ларкіна, а при подальшому зростанні температури - 2D теорією Макі-Томпсона, демонструючи відповідний 3D-2D кросовер. Збіг спостережуваного часу фазової релаксації для FeSe з характеристикою купратів може свідчити про те, що механізм НП флуктуацій, і відповідно, надпровідного спарювання є однаковим для різних типів ВТНП. Про спільність механізму формування флуктуаційної провідності поблизу T_c в різних ВТНП без допантів може свідчити близькість визначеної густини локальних пар у FeSe до характеристики YBCO. Підтверджено факт виникнення псевдощілинного стану в FeSe в області температур нижче структурного переходу. Показано, що властивості полікристалічних зразків істотно залежать від рівня дефектності, що пов'язано з різними способами їх виготовлення.

Наукова новизна. Всі положення сформульовані автором в пункті «**Наукова новизна отриманих результатів**» відповідають критерію наукової новизни. Серед найбільш значущих результатів слід зазначити наступні:

- в монокристалах $Y_{0,95}Pr_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-8}$ виявлено пороговий ($P \geq 0,9$ ГПа) вплив гідростатичного тиску на параметри, визначені з вимірювань резистивних властивостей і характеристик флуктуаційної провідності, що, віднесено до порогового покращенням структурного порядку під впливом тиску;
- близькість визначеної густини локальних пар для полікристалічного FeSe до характеристики бездвійникового монокристала $YBa_2Cu_3O_{7-8}$ та збіг спостережуваного часу фазової релаксації для FeSe з характеристикою купратів може свідчити про те, що механізм НП флуктуацій, і відповідно, надпровідного спарювання є однаковим для різних типів ВТНП;
- співпадіння форми температурної залежності псевдощілини у купратів і FeSe в області нижче температури T_s структурного переходу вказує на реалізацію у FeSe псевдощілинноо стану.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що одержані відомості про флуктуаційну провідність та формування псевдощілинного стану в купратах та залізовмісних ВТНП 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.

Достовірність отриманих результатів. Ступень обґрунтованості наукових положень, висновків, сформульованих в дисертації.

Високий ступінь достовірності результатів і аргументованість сформульованих висновків дисертації підтверджується великою кількістю експериментальних даних, отриманих при комплексних дослідженнях електрофізичних властивостей купратних та залізовмісних ВТНП в різних структурних станах із застосуванням апробованих методів, використанням сучасних вискоефективних приладів і установок і зіставленням експериментальних даних з розрахунками в рамках відомих фізичних теорій.

Усі наукові положення та висновки сформульовані в дисертації є обґрунтованими. Дані отримані в роботі узгоджуються з результатами теоретичних і експериментальних досліджень, представленими в науковій літературі

Повнота викладення основних наукових і практичних результатів в опублікованих роботах. Завершеність і стиль викладення.

Основні результати роботи Є.В.Петренка викладено в 4 статтях у фахових вітчизняних та зарубіжних наукових журналах з високим імпаکت-фактором. Результати досліджень були представлені на міжнародних наукових конференціях і опубліковані в 8 збірниках тез. У дисертації отримано ряд нових результатів, надано їх інтерпретацію і узагальнення. Дисертація є завершеною науковою працею, написана хорошою науковою мовою і оформлена відповідно існуючим вимогам.

Зміст автореферату дисертації досить повно та об'єктивно відображає зміст основних положень і структуру дисертаційної роботи.

Тема дисертаційної роботи і суть її наукових результатів повністю відповідають паспорту спеціальності 01.04.07. - фізика твердого тіла, фізико-математичні науки.

Зауваження що до змісту дисертації та автореферату.

1. В деяких пунктах змісту роботи і в тексті використано термін «ефект» при позначенні дії різних факторів на характеристики, що досліджувались. Замість цього слід вживати термін «вплив», що відповідає літературній мові.
2. Автор припускає, що локальний максимум при $T=88,72\text{ K}$ на залежності $\Delta^*/k_B(T)$ монокристала $Y_{0,95}Pr_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ (рис.4.7 дисертації, рис.10 автореферату) обумовлено інерцією вимірювальної системи при зміні швидкості охолодження в інтервалі $93\dots 88\text{ K}$, що обумовленою зміною температурного кроку вимірювання. У той же час для полікристалів $FeSe_{0,94}$ у вказаному інтервалі температур на аналогічних залежностях такого максимуму не виявлено (методика вимірювання та ж сама).
3. Бажано було б уточнити, про які дефекти в монокристалічному зразку $Y_{0,95}Pr_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ з двійниками, вплив всебічного тиску на котрі призводить до збільшення температури

відкриття псевдоілини і T_c , йдеться (п.4.1.4). Наприклад, при дії тиску може змінюватися кількість двійників, межі яких, як відомо, характеризуються локалізованою надпровідністю, що в свою чергу може впливати на процеси в області псевдоілини.

4. В авторефераті при опису розділів дисертації немає прив'язки робіт автора [3] і [12] до тексту.

5. У тексті є певні неточності, а саме:

- с.2 і с.21: « ... вплив відпалу в атмосфері кисню, а потім і при кімнатних температурах ...»

→ « ... вплив відпалу в атмосфері кисню при підвищених температурах, а потім витримка при кімнатній температурі ...»

- с.21: « монокристала $Y_{0,95}Pr_{0,05}Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ з дефектами у вигляді двійників». Дефекти – це межі двійників;

- с.48: «... відпалу при кімнатній температурі ...» → «... витримки при кімнатній температурі ...»;

- с.54: « покращує як внутрішні, так і між гранулярні властивості» → « покращує властивості як гранул, так й інтерфейсів».

Зазначені зауваження не стосуються суті вирішеного завдання і не впливають на високу оцінку дисертаційної роботи в цілому.

За актуальністю, новизною, рівнем представлених наукових результатів і їх практичною значущістю дисертація «Ефекти, що впливають на флуктуаційну провідність та формування псевдоілинного стану в купратах та залізовмісних ВТНП» відповідає вимогам відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема пунктів 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор – Петренко Євген Володимирович, безумовно, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 - фізика твердого тіла.

Офіційний опонент

завідувач відділу фізики твердого тіла

і конденсованого стану речовини

ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут»

НАН України,

доктор фізико-математичних наук

Соколенко В.І.

ЗАСВІДЧУЮ
Учасник секретар
ННЦ ХФТІ

20 " 08

