

РІШЕННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ ПРО ПРИСУДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ДОКТОРА ФІЛОСОФІЇ

Спеціалізована вчена рада ДФ 64.175.014 Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна Національної академії наук України, м. Харків, прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» на підставі прилюдного захисту дисертації «Особливості флуктуаційної провідності та псевдощільності у плівках і монокристалах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ під впливом зовнішніх чинників» 15 жовтня 2024 року.

Шитов Микита Віталійович, 1997 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2019 році Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна та здобув ступінь магістра за спеціальністю «Фізика та астрономія».

Навчається в аспірантурі Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна Національної академії наук України (від 01 листопада 2020 р). Успішно виконав освітньо-наукову програму підготовки доктора філософії за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Дисертаційну роботу виконано у відділі мікроконтактної спектроскопії Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України.

Науковий керівник: доктор фізико-математичних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу мікроконтактної спектроскопії ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України наук Соловйов Андрій Львович.

Здобувач має 3 статті за темою дисертації у міжнародних виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз (Scopus, Web of Science), що належать до квартилю Q3 (3 статті) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank, 0 монографій:

1. E. V. Petrenko, L. V. Omelchenko, Yu. A. Kolesnichenko, **N. V. Shytov**, K. Rogacki, D. M. Sergeyev, and A. L. Solovjov, Study of fluctuation conductivity in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ films in strong magnetic fields, *Low Temperature Physics*, 47, № 12, 1150-1057, (2021). DOI: 10.1063/10.0007080, (Scopus, кuartиль Q3)
2. A. L. Solovjov, L. V. Bludova, **M. V. Shytov**, S. N. Kamchatnaya, Z. F. Nazyrov, and R. V. Vovk, Evolution of the pseudogap and excess conductivity of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ single crystals in the course of long-term aging, *Low Temperature Physics*, 49, № 4, 477-485, (2023). DOI: 10.1063/10.0017593, (Scopus, кuartиль Q3)
3. E. V. Petrenko, K. Rogacki, A. V. Terekhov, L. V. Bludova, Y. A. Kolesnichenko, **N. V. Shytov**, D. M. Sergeyev, E. Lähderanta, A. L. Solovjov, Evolution of the pseudogap temperature dependence in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ films under the influence of a magnetic field, *Low Temperature Physics*, 50, № 4, 299-307, (2024). DOI: 10.1063/10.0025295, (Scopus, кuartиль Q3)

У дискусії взяли участь голова і всі члени спеціалізованої вченої ради:

1. Опонент **Касаткін Олександр Леонідович** (доктор фізико-математичних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу надпровідності Інституту металофізики ім. Г.В. Курдюмова Національної академії наук України) надав позитивний відгук із зауваженнями:
 - 1) В огляді розділу 1 варто було б згадати інші моделі утворення псевдощілини, зокрема ті, що пов'язані з хвилями зарядової чи спінової густини (ХЗП, ХСП).
 - 2) На Рис. 3.5. велика кількість позначок без відповідних коментарів у підпису до цього рисунку ускладнює сприйняття інформації. Окрім того, фітування експериментальних даних теоретичними залежностями (прямі лінії) відбувається на малих інтервалах зміни

функції, що викликає деякий сумнів у точності та однозначності їхньої інтерпретації.

- 3) В розділі 4 зменшення критичної температури при малих дозах опромінення пов'язується із теорією Абрикосова–Горькова. Між тим, ця теорія стосується впливу магнітних домішок на надпровідність в моделі БКШ (ефект розпарювання). Втім радіаційні дефекти, утворені при опроміненні електронами зразків ВТНП, скоріш за все не мають магнітного моменту. Отже, можна було б очікувати, що критична температура при малих дозах опромінення не буде змінюватись (відповідно до т.з. теореми Андерсона). Таким чином, виникає деяка проблема з інтерпретацією експериментальних даних.

Але ці зауваження ніяк не знижують загальну високу оцінку представленої дисертаційної праці.

2. Оponent **Соколенко Володимир Іванович**, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу фізики твердого тіла і конденсованого стану речовини Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» Національної академії наук України надав позитивний відгук із наступними зауваженнями:

- 1) Стор. 6, останній абзац: «... є наявність у них протяжних плоских дефектів, таких як двійники та двійникові границі (ДГ)». Згідно існуючій класифікації до плоских дефектів відносяться, зокрема, границі двійників. Безпосередньо двійники, як і зерна в кристалі, є тримірними об'єктами, але не є дефектами.
- 2) Стор. 31: «Дірки, які в проникають в кисневі 2p-орбіталі.....». Орбіталі є квантовомеханічним описом електронної структури кристала і кисневі дірки модифікують цю структуру.
- 3) Стор. 93: У підпису до Рис. 4.9 йдеться про вставку у вигляді залежності $\Delta^*(TG)$ від дози опромінення, яка відсутня.

- 4) Стор. 103: Як бачимо із вставки до Рис. 5.1 у зразку через 17 років зберігання спостерігається дві додаткові фази з різними T_c , про що свідчать відповідні ступені на СП переході. Однак при аналізі ПЩ цей факт, як мені здається, не береться до уваги.
- 5) У дисертації сказано, що у зразках YBCO з дефектами залежність $\ln\sigma'(\ln \epsilon)$ завжди має описуватися моделлю Лоуренса-Доніаха (ЛД). Але не на всіх графіках ФЛП наведені криві, які б відповідали моделі ЛД. Було б цікаво їх побачити наприклад на рис. 3.5.
- 6) Також у дисертації стверджується, що магнітне поле майже не впливає на резистивні криві зразків у нормальному стані, тобто при високих температурах. Тому не досить чітко зрозуміло, чому змінюється температурна залежність псевдощільності у магнітному полі 8 Тл (Рис. 3.9).

Всі недоліки, зазначені вище, жодною мірою не применшують загальної високої оцінки роботи та носять характер рекомендацій для подальших досліджень.

3. Рецензент **Золочевський Іван Васильович**, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу мікроконтактної спектроскопії Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України надав позитивну рецензію із зауваженнями:

- 1) . В дисертації не наведено повну паспортизацію зразків високотемпературних надпровідників $YBa_2Cu_3O_{7-x}$, зокрема, результатів рентгеноструктурного дослідження/аналізу (РСД/РСА) та електронографії (ЕСА) цих зразків до, в процесі експериментів і після досліджень впливу зовнішніх чинників. Наявність паспортизації могла б прямо підтвердити, чи спростувати висновки з проведених досліджень, а також допомогла б уникнути ряду припущень, які

вимушений був зробити дисертант, а робота стала б більш доказовою.

Наприклад:

а.) На стор. 97, в першому абзаці зверху, написано: «Останній факт підтверджує зроблене раніше припущення, що монокристали у цьому експерименті дійсно не містять двійників».

б.) На стор. 86, в першому абзаці зверху, написано, що «при φ_2 , незважаючи на те, що кількість дефектів, як вважається, помітно зростає, внесок 2D МТ навіть більш виражений, ніж при $\varphi_1=0$, що є дещо дивним».

в.) На стор. 98, в першому абзаці зверху, написано: «Дивним фактом є те, що модель ЛД, як характерна для ВТНП із пошкодженою структурою [42, 89, 90], не апроксимує експеримент, що вказує на те, що кристалічна структура якимось чином зберігається».

- 2) В дисертаційній роботі не запропоновано будь-якого пояснення того факту, що навіть при максимальному (в цих експериментальних дослідженнях) опроміненні і флуктуаційна провідність, і псевдощільина демонструють типову для зразків $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ поведінку без дефектів, а модель Лоуренса-Доніаха, властива для ВТНП із пошкодженою структурою, не апроксимує експериментальну криву.

Однак, слід зазначити, що вказані недоліки не впливають на загальне позитивне враженні від роботи і не применшують її загальні переваги.

4. Рецензент **Камарчук Геннадій Васильович**, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу спектроскопії молекулярних систем і наноструктурних матеріалів Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна Національної академії наук України надав позитивну рецензію на роботу, із зауваженням:

1) У підписах до рисунків 4.1 и 4.2 бажано вказати значення всіх доз опромінювання, а не тільки ϕ_1 і ϕ_{12} . На рисунку 4.2 пунктирна пряма 4, що проведена з урахуванням 4-х жовтих точок, виглядає дуже непереконливо. Вважаючи, що ця інформація далі не використовується, пропоную пряму 4 з рисунку 4.2, а також відповідний текст з дисертації прибрати.

Проте, це зауваження ніяк не впливає на загальну високу оцінку наукового рівня дисертації.

5. Голова ради **Шевченко Сергій Миколайович**, доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу надпровідних та мезоскопічних структур Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б.І. Веркіна Національної академії наук України дав позитивну оцінку роботі, без зауважень.

Загальна оцінка роботи і висновок. Дисертація Шитова Микити Віталійовича на тему «Особливості флуктуаційної провідності та псевдощільності у плівках і монокристалах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ під впливом зовнішніх чинників» є актуальним завершеним науковим дослідженням

Дисертаційну роботу присвячено дослідженню особливостей впливу на основні електронні процеси, що формують нормальну та надпровідну фази в високотемпературних надпровідниках, таких факторів як: магнітне поле, опромінення високоенергетичними електронами та довготривале зберігання (старіння) тонких плівок та монокристалів $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

Було отримано інформацію про еволюцію надлишкової провідності та псевдощільності під впливом магнітного поля до 8 Тл у тонкій плівці $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

Показано, що серед основних особливостей, що демонструє зразок, знайдених з аналізу флуктуаційної провідності, можна виділити перехід вище температури 3D-2D кроссовера при критичному полі ~ 3 Тл від

класичної залежності 2D MT до несподіваної залежності 2D AL. У той же час інтервал надпровідних флуктуацій різко зростає приблизно в 7 разів, а довжина когерентності $\xi_c(0)$ вздовж осі с демонструє незвичну залежність від T_c , коли B зростає вище 3 Тл. Отримані результати демонструють можливість утворення специфічного вихрового стану в YBCO та його еволюції зі збільшенням магнітного поля.

Отримано інформацію про еволюцію флуктуаційної провідності та псевдощілини під впливом електронного опромінення з дозами до $5.6 \cdot 10^{19}$ е/см² у монокристалі YBCO.

Показано, що 2D флуктуаційний внесок теорії Макі-Томпсона (2D-MT), який очікувано спостерігається вище температури 3D-2D кроссовера T_0 у випадку без опромінення, змінюється на 2D внесок теорії Асламазова-Ларкіна (2D-AL) при $\varphi_3 = 2.5 \cdot 10^{19}$ е/см², тобто під впливом дефектів. Проте, при дозі $\varphi_5 = 5.6 \cdot 10^{19}$ е/см², вище T_0 ФЛП несподівано знову описується внеском 2D-MT, який є типовим для зразків без дефектів. Водночас, довжина когерентності $\xi_c(0)$ демонструє зростання до $\varphi_4 = 3.9 \cdot 10^{19}$ е/см², а при більших дозах починає помітно зменшуватися.

Було виявлено несподівану немонотонну поведінку ПЩ $\Delta^*(T)$ під впливом дефектів. Спочатку при $\varphi_1=0$ величина та форма $\Delta^*(T)$ такі ж, як і в монокристалах YBCO без дефектів. Зі зростанням φ , $\Delta^*(T)$ швидко зменшується, потім несподівано помітно зростає, а потім зменшується ще швидше і демонструє незвичайну форму. Однак при $\varphi_5 = 5.6 \cdot 10^{19}$ е/см² $\Delta^*(T)$ знову несподівано демонструє типову залежність для YBCO без дефектів, що свідчить про зміну механізму надпровідного спарювання під впливом індукованих дефектів.

Виявлено, що дефекти, які виникають під час довготривалого зберігання, суттєво впливають не тільки на опір, а також і на флуктуаційну провідність та псевдощілину в монокристалах YBa₂Cu₃O_{7- δ} з двійниками і після 6 років зберігання такі дефекти практично повністю усувають вплив

двійників і границь двійників у зразку, що призводить до ізотропізації зразка.

Показано, що велика кількість дефектів, які з'являються в зразку після 17 років зберігання, призводить до деградації структури та перерозподілу заряду в кристалі, що, швидше за все, відповідає за спостережувану незвичайну форму ПЩ, отриману після 17 років зберігання.

Загалом, наукові положення, що винесені на захист, добре обґрунтовані та узгоджуються із сучасними теоретичними уявленнями, а їх достовірність забезпечується як високим рівнем проведених теоретичних розрахунків, так і тісним зв'язком із сучасними експериментом.

Результати досліджень, наведені у дисертаційній роботі та опубліковані у наукових статтях, належать автору. Робота виконана з дотриманням усіх вимог академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело. За кількістю і рівнем публікацій, апробацією на міжнародних конференціях дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 зі змінами.

Рада вважає, що дисертація Шитова Микити Віталійовича на тему «Особливості флуктуаційної провідності та псевдощільності у плівках і монокристалах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ під впливом зовнішніх чинників», що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія» є завершеним самостійним науковим дослідженням, сукупність результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 10 «Природничі науки», а за актуальністю, науковою новизною і практичною цінністю відповідає вимогам чинного законодавства України, «Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої

освіти (наукових установах)» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23.03.2016 р. № 261 та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 зі змінами, а здобувач Шитов Микита Віталійович заслуговує присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Результати відкритого голосування:

«За» - 5 членів ради,

«Проти» - 0 членів ради,

«Утримались» - 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада ДФ 64.175.014 присуджує Шитову Микиті Віталійовичу ступінь доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Голова разової

спеціалізованої вченої ради,

доктор фіз.-мат. наук,

професор

Ш Сергій ШЕВЧЕНКО

