

ВИСНОВОК

наукового керівника щодо виконання
індивідуального плану наукової роботи, індивідуального навчального плану та роботи над
дисертацією Коробкова Максима «Процеси переносу у нестехіометричних купратах в
умовах екстремальних зовнішніх дій»,
яка подається на здобуття ступеня доктора філософії
із галузі знань 10 — Природничі науки
за спеціальністю 104 - «Фізика та астрономія»

Коробков Максим Вікторович у 2019 році закінчив Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна за спеціальністю « Фізика та астрономія» і в 2021 році вступив до аспірантури кафедри фізики низьких температур фізичного факультету. Освітня складова (40 кредитів С КСТ) індивідуального плану Коробкова М.В. виконана вчасно та у повному обсязі.

Коробкову М.В. була поставлена наукова задача дослідження встановлення механізмів впливу процесів структурної релаксації, що виникає в умовах прикладання екстремальних зовнішніх чинників (радіаційного опромінення, гідростатичного тиску, магнітного поля) на електро- та масопереніс у монокристалічних сполуках $Y_{1-z}Pr_zBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, а також фазового розшарування та здійснення динамічних фазових переходів внаслідок легування празеодимом. Досліджувана сполука є надпровідником 2 роду, її електрична провідність та анізотропія провідності в температурному інтервалі від області температур надпровідного стану до кімнатних температур є чутливою до структурних змін кристалічної ґратки. Ступінь допування киснем впливає на кристалічну структуру сполуки й кардинальним чином змінює механізми електричної провідності монокристалів $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. З іншого боку, створення радіаційних дефектів різної концентрації та морфології в широкому інтервалі доз опромінення також впливає на вказані властивості досліджуваної речовини. У дисертаційній роботі досліджені закономірності та механізми впливу опромінення на структуру і на процеси електропереносу у сполуках системи 1 – 2 – 3 на основі сучасних уявлень про природу провідності в шаруватих кристалічних сполуках ВТНП.

Незважаючи на досить велику кількість наукових праць, присвячених вивченню впливу різного роду чинників на електротранспорт в системі $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, у науковій літературі майже відсутні праці, в яких описані результати досліджень щодо вивчення впливу опромінення на анізотропію процесів розсіювання носіїв заряду як у нормальному стані, так і поблизу надпровідного переходу, псевдощільнуну і флуктуаційну аномалії, а також некогерентний електротранспорт. Оскільки, відповідно до сучасних уявлень, саме ці незвичайні фізичні явища, що спостерігаються у ВТНП – сполуках у нормальному (не надпровідному) стані, є важливими для розуміння фізичної суті мікроскопічної природи ВТНП, яка ще залишається нез'ясованою, незважаючи на більш ніж 30 – річну історію інтенсивних теоретичних і експериментальних досліджень, проведених в цій галузі фізики твердого тіла.

Опромінювання електронами ВТНП сполук дає можливість, без зміни складу зразків, створювати в них дефекти різної концентрації та морфології. Створення ансамблю

дефектів заданої концентрації та природи відкриває можливості керування, зокрема, електротранспортними властивостями зразка як у нормальному, так і в надпровідному станах. Враховуючи перспективу використання високотемпературних надпровідників в якості надчутливих датчиків та ліній передачі електричного струму з малими втратами енергії, що працюють в інтервалі температур кипіння рідкого азоту, створення так званої «керованої» дефектної структури у надпровіднику має значне фундаментальне та практичне значення. Внаслідок складності будови досліджуваної сполуки, визначення розподілу дефектів по об'єму зразка, стабільності дефектного складу та залежності транспортних параметрів від виду дефектів кристалічної структури у широкому інтервалі температур потребує значних експериментальних зусиль.

У ході виконання дисертаційної роботи було досліджено і встановлено механізми впливу опромінення високоенергетичними електронами на процеси переносу заряду та розсіювання його носіїв у ВТНП – сполуках сімейства $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ у широкому інтервалі температур та магнітних полів. Вивчено розподіл радіаційних дефектів, які утворюються під дією опромінення високоенергетичними електронами, та встановлено фізичні особливості релаксації цих дефектів. У підсумку було отримано такі наукові результати:

1. У результаті виконання роботи було з'ясовано, що збільшення дози опромінення високоенергетичними електронами в монокристалах $\text{Y}_{1-z}\text{Pr}_z\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ призводить до виникнення локалізації носіїв і зміни міжшарової взаємодії. При цьому температурна залежність анізотропії електроопору $\rho_c/\rho_{ab}(T)$, на відміну від $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, добре описується за допомогою універсального «закону $1/2$ » для термоактиваційної стрибкової провідності. Подібна залежність свідчить про те, що механізм транспорту носіїв уперек шарів здійснюється за допомогою термоактиваційних стрибків із змінною довжиною. Показник $1/2$ свідчить про те, що стрибова провідність одновимірна, і/або що кулонівська взаємодія відіграє в поперечному транспорті істотну роль.
2. Встановлено, що у сполуках $\text{Y}_{1-z}\text{Pr}_z\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ збільшення дози опромінення швидкими електронами може приводити до фазового розшарування в об'ємі експериментального зразка і супроводжуватися утворенням надструктур або кластерів з різною T_c . Оцінені характерні розміри кластерів добре узгоджуються з теоретичними розрахунками, проведеними в рамках кластерної моделі формування ПЦ-аномалії. Так само відбувається суттєве зміщення температурних ділянок, що відповідають переходам виду метал-діелектрик. Надлишкова провідність $\Delta\sigma(T)$ монокристалів у широкому інтервалі температур $T_1 < T < T^*$ підкоряється експоненційній температурній залежності $\Delta\sigma \sim (1 - T/T^*) \exp(\Delta^*_{ab}/T)$. Абсолютні значення величини поперечної довжини когерентності та псевдощільни змінюються з різними похідними знаками при варіюванні вмісту празеодима. Зі зростанням довжини когерентності величина псевдощільни зменшується і навпаки, що з загальним пригніченням надпровідності зі збільшенням концентрації празеодима.
3. Вперше виявлено, що прикладання постійного магнітного поля до монокристалів $\text{Y}_{1-z}\text{Pr}_z\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, опромінених високоенергетичними

електронами, на відміну від аналогічних, неопромінених зразків, приводить до розмиття низькотемпературного «кінка» в області резистивних переходів в надпровідний стан і появи низькотемпературних «хвостів», що відповідають появі додаткових паракогерентних переходів. При цьому радіаційні дефекти, які виникають внаслідок опромінення високоенергетичними електронами, при температурах нижче критичної $T < T_c$, є причиною пригнічення динамічного фазового переходу виду вихорова рідина – вихрова ґратка і формування в системі переходу виду вихорова рідина – вихорове «брегівське» скло.

Окремо зазначу, що дослідження аспіранта Коробкова М.В. виконувались в межах підтримки програми Європейської Спільноти Horizon 2020 у рамках гранту № 644348. Робота також підтримана проєктами МОН України № ДР 0116U000827 і № ДР 0111U010546.

Під час навчання в аспірантурі Коробков М.В. набув низку фахових та допоміжних компетентностей, необхідних для науково-дослідної діяльності. Серед них знання щодо особливостей електротранспорту в новітніх надпровідних матеріалах поліфункціонального призначення; організації проведення наукових досліджень у цій галузі.

Результати підготовленої Коробковим М.В. дисертаційної роботи є оригінальними дослідженнями, що опубліковані у провідних міжнародних виданнях, що індексуються наукометричною базою Scopus і фахових вітчизняних виданнях.

В межах дисертаційної роботи, поставлена задача встановлення механізмів впливу процесів структурної релаксації, що виникає в умовах прикладання екстремальних зовнішніх чинників (радіаційного опромінення, гідростатичного тиску, магнітного поля) на електро- та масопереніс у монокристалічних сполуках $Y_{1-z}Pr_zBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, а також фазового розшарування та здійснення динамічних фазових переходів внаслідок легування празеодимом, розв'язна. Висновки дисертаційної роботи є статистично достовірними та науково обґрунтованими. Отримані результати добре узгоджуються з даними інших дослідників. Вважаю, що наукова складова індивідуального плану роботи аспірантки Коробкова М.В. виконана в повному обсязі та на високому рівні.

Науковий керівник, доктор
фізико-математичних наук,
професор

Руслан ВОВК

Підпис Руслана Вовка засвідчую
Начальник відділу кадрів
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна,

