

## ВІДГУК

на дисертаційну роботу

Гамаюнової Ніни Володимирівни

«Мікроконтактні дослідження залізовмісних надпровідників»,  
подану на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук  
за спеціальністю 01.04.07 – фізики твердого тіла.

Одним із найбільш вагомих сучасних досягнень фізики твердого тіла є відкриття достатньо широкого класу систем залізовмісних надпровідників – шаруватих сполук на основі заліза із порівняно високими критичними температурами та різноманіттям фізичних властивостей. Це відкриття зумовило численні дослідження із вивчення природи надпровідності та інших характеристик цих систем, інтенсивний синтез нових надпровідних матеріалів на основі заліза та пошук різних підходів для підвищення досягнутих у масивних зразках критичних параметрів, що продовжується й дотепер.

Постійне оновлення та доповнення експериментальних та теоретичних даних щодо цих систем сприяє стрімкому прогресу в розвитку уявлень про особливості електронної структури та Фермі-поверхні, механізми надпровідного спарювання, величини надпровідного параметра порядку, вплив на надпровідний стан зовнішніх параметрів, таких як температура, магнітне поле тощо. Природно, що дослідження, що торкаються цих питань, є актуальними. У цьому напрямку у дисертаційній роботі Гамаюнової Н. В. «Мікроконтактні дослідження залізовмісних надпровідників» розглядаються залізопніктидні сполуки –  $KFe_2As_2$ , у  $Ba_{1-x}Na_xFe_2As_2$  ( $x = 0,35$ ), а також  $FeSe$  та ізоструктурні до 112-класу залізовмісних надпровідників  $LaCuSb_2$  та  $La(Cu_{0,8}Ag_{0,2})Sb_2$ . У роботі представлено нову обширну інформацію щодо особливостей функції електрон-бозонної взаємодії у  $KFe_2As_2$ ,  $LaCuSb_2$  та  $La(Cu_{0,8}Ag_{0,2})Sb_2$ , та досліджено питання кількості, величин та температурної (та додатково – магнітопольової у випадку  $FeSe$ ) поведінки надпровідних щілин у  $Ba_{1-x}Na_xFe_2As_2$  ( $x = 0,35$ ) та  $FeSe$  за допомогою методики мікроконтактної спектроскопії. Представлені дослідження викликають інтерес з боку фундаментальної науки та відповідають напрямку фізики твердого тіла.

Дослідження, які лягли в основу роботи Гамаюнової Н.В., виконані у рамках тематичного плану ФТІНТ ім. Б.І. Вєркіна НАН України відповідно до відомчих тем: «Спектроскопічні, транспортні, магнітні та пружні властивості новітніх низьковимірних структур та надпровідних сполук» за 2012-2016 рр. та «Функціональні властивості новітніх надпровідників сполук і металовмісних спін та зарядово-впорядкованих структур» за 2017-2021 рр.

Цілі дисертаційної роботи – експериментально одержати функцію електрон-квазічастинкової взаємодії у  $KFe_2As_2$ ,  $LaCuSb_2$  та  $La(Cu_{0.8}Ag_{0.2})Sb_2$  та провести аналіз виявлених особливостей, а також одержати нову інформацію про величини надпровідних щілин та залежності їхньої поведінки від температури і магнітного поля для  $Ba_{1-x}Na_xFe_2As_2$  ( $x = 0,35$ ) та  $FeSe$ , вважаю досягнутими в межах поставлених задач.

Засвідчую, що всі представлені автором положення щодо наукової новизни результатів є новими, вперше отриманими та коректно сформульованими.

Дисертація Гамаюнової Н.В. складається з п'яти розділів. У першому розділі (літературний огляд) подано основні відомості про властивості типових представників залізовмісних надпровідників включно з об'єктами досліджень. У другому розділі приведено основні положення мікроконтактної спектроскопії Янсона та мікроконтактної спектроскопії андреєвського відбиття, приведено опис техніки експерименту та аналітичних моделей та теорій, в рамках яких здійснювалась обробка одержаних даних. Назви трьох подальших розділів, де приведено обговорення оригінальних результатів роботи, повною мірою відображають зміст представлених там досліджень. Третій розділ – мікроконтактна спектроскопія Янсона електрон-бозонної взаємодії надпровідних сполук  $KFe_2As_2$ ,  $LaCuSb_2$  та  $La(Cu_{0.8}Ag_{0.2})Sb_2$  – присвячено експериментальному одержанню та аналізу функції електрон-бозонної взаємодії у зазначених сполуках. Четвертий розділ – спектроскопія андреєвського відбиття залізовмісних надпровідних сполук – представляє дослідження спектрів андреєвського відбиття сполук  $Ba_{1-x}Na_xFe_2As_2$  ( $x=0,35$ ) та  $FeSe$ , з яких отримано нову інформацію про надпровідні щілини у цих сполуках разом із їхніми залежностями від температури

та магнітного поля, а також деякі інші деталі надпровідного стану, що проявляються у випадку точкових контактів на основі вищевказаних зразків. П'ятий розділ - аналіз мікроконтактних спектрів залізовмісних надпровідників у тепловому режимі – більшою мірою стосується питань в рамках конкретної мікроконтактної методики (характеристик точкових контактів та обробки одержуваних мікроконтактних спектрів), ніж третій та четвертий розділи, що мають більш загальний характер. Проте в рамках зазначеного аналізу для сполук  $KFe_2As_2$ ,  $Ba_{1-x}Na_xFe_2As_2$  ( $x=0,35$ ) та  $FeSe$  визначено число Лоренца, а для  $KFe_2As_2$  розраховано довжину вільного пробігу електронів. В кінці розділів, присвячених оригінальним результатам роботи, наводяться стислі висновки. Одержані в роботі основні результати зіставлені з відомими в літературі даними, що дає уявлення про їх кореляцію та місце в існуючому науковому доробку.

Найбільш важливими результатами роботи вважаю наступні:

1. Для сполуки  $KFe_2As_2$  на мікроконтактних спектрах Янсона вперше виявлено бозонну моду при 20 мeВ, появу якої пов'язують з «екситонним» механізмом.

2. Для сполуки  $Ba_{1-x}Na_xFe_2As_2$  ( $x=0,35$ ) одержано величину надпровідної щілини, приведений параметр якої становить  $2\Delta/k_B T_c = 3,6 \pm 1$ , а температурна поведінка добре узгоджується з теорією Бардіна-Купера-Шріффера (БКШ).

3. Для сполуки  $FeSe$  одержано статистично вивірені дані про надпровідні щілини, їхні температурні залежності та поведінку в магнітному полі. Виявлено реалізацію двощілинного стану із параметрами  $2\Delta/k_B T_c$ , що становлять  $2,3 \pm 0,5$  та  $4,2 \pm 0,9$ . Параметр  $2\Delta/k_B T_c$ , усереднений за парціальними вкладами в провідність від обох щілин, дорівнює  $3,7 \pm 0,7$ , що близько до БКШ значення. Показано, що температурна залежність обох щілин близька до БКШ-кривої. Магнітне поле слабо впливає на величину надпровідних щілин, хоча інтенсивність андреєвських мінімумів пригнічується із ростом магнітного поля.

Зазначені результати є новими та вперше опубліковані у наукових статтях, де дисертант виступає співавтором.

Достовірність та обґрунтованість викладених в дисертації результатів забезпечується сучасним експериментальним обладнанням. Аналіз експериментальних даних проводився із використанням коректних теоретичних моделей та добре апробованих програм. Результати опубліковані у фахових вітчизняних та міжнародних журналах, проіндексовані у наукометричній базі даних Scopus, що свідчить про їх надійність. Апробація засвідчена участю здобувача у багатьох міжнародних конференціях.

Результати проведених досліджень є важливими для фундаментальної фізики та можуть бути використані в наукових установах, де проводяться теоретичні та експериментальні дослідження новітніх надпровідних матеріалів.

Дисертація кваліфіковано написана та належним чином оформлена. Текст автореферату повністю та точно відображає зміст дисертації.

Проте дисертація не позбавлена певних недоліків. Наведу декілька з них:

1. У літературному огляді спостерігається певна диспропорція при описі сполук і класів залізовмісних надпровідників: велика увага приділяється властивостям систем 1111-класу порівняно з об'ємом, виділеним на розгляд сполук типу 122, 11 та 112, до яких якраз відносяться досліджувані у дисертаційній роботі зразки.

2. Узгодженість розрахункової функції електрон-бозонної взаємодії у  $KFe_2As_2$  та експериментальних мікроконтактних спектрів не викликає сумнівів. Однак на теоретичній кривій при малих енергіях спостерігається деяка особливість (малий прогин), що не простежується на вимірюваних залежностях. Окреме виділене пояснення цієї невідповідності у тексті відсутнє.

3. При розрахунках надпровідної щілини у рамках моделі Блондера-Тінкхама-Клайпвейка у  $Ba_{1-x}Na_xFe_2As_2(x=0.35)$  та FeSe у випадку твердих контактів фігурує параметр масштабного множника  $ScF$ , що відображає співвідношення інтенсивностей теоретичного та експериментального спектрів. Тобто цей параметр певною мірою є показником якості виконаної підгонки. При цьому для статистично багатьох результатів щодо FeSe у випадку м'яких контактів цей параметр не наведено.

У тексті зустрічаються незначні друкарські описки та стилістичні помилки.

При цьому хочу наголосити, що зазначені недоліки не є принциповими та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації. Робота виконана на високому науковому рівні, достовірність результатів не викликає сумнівів, а висновки є логічними та обґрунтованими.

Таким чином, дисертація Гамаюнової Н. В. є завершеною науковою працею, в якій отримані нові результати та зроблений вагомий внесок у галузі фізики твердого тіла: виявлено та пояснено особливості електрон-квазічастникової взаємодії у  $KFe_2As_2$ ,  $LaCuSb_2$  та  $La(Cu_{0.8}Ag_{0.2})Sb_2$ , та встановлено значення надпровідних щілин та їх залежності від температури і магнітного поля у  $Ba_{1-x}Na_xFe_2As_2$  ( $x = 0.35$ ) та  $FeSe$ .

На основі викладеного вважаю, що дисертація Гамаюнової Н. В. «Мікроконтактні дослідження залізовмісних надпровідників» повністю відповідає вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема пп. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор Гамаюнова Н.В. заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізики твердого тіла.

Офіційний опонент:

Доктор фізико-математичних наук, професор,  
Лауреат Державної премії України з науки і техніки,  
завідувач відділу теорії динамічних  
властивостей складних систем  
Донецького фізико-технічного інституту  
ім. О.О. Галкіна НАН України, м. Київ

Ю. Г. Пашкевич

Підпис Ю.Г. Пашкевича засвідчує:

Вчений секретар  
Донецького фізико-технічного інституту  
ім. О.О. Галкіна НАН України, м. Київ,  
Кандидат технічних наук



В. Ю. Дмитренко