

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Гудименка Василя Олександровича

«Особливості нелінійної електропровідності точкових контактів Янсона на основі шаруватих сполук»,

яка подана на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізики твердого тіла

Дисертаційну роботу В.О. Гудименка присвячено експериментальному дослідженням провідності точково-контактних структур з низьковимірних провідних шаруватих сполук під впливом зовнішніх чинників (зокрема, під впливом низьких температур та оточуючого газового середовища при кімнатних температурах). Дослідження було проведено за методом мікроконтактної спектроскопії (МКС) Янсона з метою виявлення фізичних ефектів, застосування яких може сприяти розвитку технологій для розробки сенсорних газочутливих пристройів. Усі результати дисертації пов'язані з будовою твердотільних об'єктів та фізичними процесами, що в них відбуваються, тож дисертаційна робота В.О. Гудименка повністю відповідає спеціальності **01.04.07 – фізики твердого тіла.**

Актуальність теми дисертації. За останній час підвищився інтерес до шаруватих сполук як з боку фізиків, так і з боку технологів. Завдяки своїм унікальним властивостям, які пов'язані з наявністю у них сильної анізотропії, такі об'єкти корисні не тільки для вивчення фундаментальних властивостей конденсованого стану, але і вкрай цікавими та перспективними матеріалами для розвитку сучасних нанотехнологій (зокрема у сенсориці).

Точкові контакти Янсона відомі своїми значними можливостями для вивчення широкого кола явищ у твердих тілах, зокрема, електрон-фононної взаємодії у провідних матеріалах в нормальному стані, поведінки матеріалів у надпровідному стані, процесів андріївського відбиття, тощо. Це зумовлює активне використання точкових контактів Янсона у фундаментальних дослідженнях.

У 2006 році було відкрито і вперше описано мікроконтактний газочутливий ефект. Як показали подальші дослідження, точкові контакти Янсона є доволі перспективнимиnanoструктурами, на основі яких можна розвивати сучасні сенсорні технології для створення надчутливих сенсорних пристройів.

У даній роботі було продовжено дослідження в цих напрямках.

Дослідження, які було взято як основу дисертації В.О. Гудименка, виконані в рамках тематичного плану ФТІНТ ім. Б.І. Вєркіна НАН України за чотирма темами НАН України.

Все викладене вище свідчить про **безперечну актуальність теми дисертації** В.О. Гудименка.

Мету роботи, якою було виявлення фізичних ефектів у провідності низьковимірних сполук, застосування яких може сприяти розвитку новітніх технологій у галузі розробки сенсорних газочутливих пристрій, вважаю досягнутою в межах поставлених автором задач.

Обґрунтованість висновків дисертації та їх достовірність було забезпечене використанням в роботі фізично обґрунтованого, надійного та широко розповсюженого методу МКС Янсона, а також завдяки інтерпретації експериментальних результатів в рамках апробованих теоретичних моделей.

Вимірювальна апаратура високого класу точності, яку було покладено в основу мікроконтактного спектрометру; конструкція експериментальної установки та портативної моделі для експрес-тестування газу, що видихається людиною; а також ефективні методики обробки інформації – все це в цілому забезпечило **реалізацію експериментальних завдань дисертації**: отримання даних щодо енергетичної щілини у SnNb_5Se_9 ; отримання інформації про можливість існування s -хвильового спарювання у $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$; виявлення перспективності використання мультиструктурних сенсорних матриць на основі точкових контактів з $[\text{N-C}_4\text{H}_9\text{-iso-Qn}](\text{TCNQ})_2$ для експрес-тестування станів людини у медицині.

Отримані експериментальні результати узгоджуються між собою та з відповідними літературними теоретичними та експериментальними даними інших авторів.

Всі положення та результати, як вони сформульовані автором в пункті **«наукова новизна»**, є новими, вперше отриманими та описаними автором.

Найбільш важливими **новими результатами** дисертації є такі:

1. Для SnNb_5Se_9 отримано величину та температурну залежність енергетичної щілини.

2. Спостереження у розломних контактах $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ розщеплення ZBCP з глибоким мінімумом та насичення максимуму джозефсонівського струму при $T < T_S$, що свідчить, за висновками теоретичних розробок, про наявність змішаної $d_{x^2-y^2} \pm is$ симетрії ПП.

3. Показано, що відгук сенсорних мультиструктурних матриць на основі точкових контактів з $[\text{N-C}_4\text{H}_9\text{-iso-Qn}](\text{TCNQ})_2$ суттєво відрізняється від існуючих аналогів і має вигляд немонотонної спектроподібної функції часу, що дає можливість використання таких структур у медицині.

В цілому дисертація містить 154 сторінки, 35 рисунків. Список використаних джерел складається з 186 найменувань.

Дисертаційна робота В.О. Гудименка складається зі Вступу, п'ятьох Розділів, Висновків та Списку використаних джерел. Оригінальні розділи 3-5 містять власні короткі вступи та висновки.

У Вступі наведені актуальність теми; зв'язок роботи з науковими програмами; мета й завдання дослідження; методи дослідження; наукова новизна

отриманих результатів; практичне значення отриманих результатів; особистий внесок здобувача; апробація результатів роботи; публікації; структура та обсяг дисертації.

Перший розділ «Мікроконтактна спектроскопія Янсона: базові положення під кутом зору на сучасний стан проблеми» є літературним оглядом і містить базові положення та теоретичні основи методу мікроконтактної спектроскопії Янсона (розглянуто теоретичні моделі точкових контактів та процеси, що в них відбуваються у нормальному та надпровідному станах); в ньому також розглянуто мікроконтактний газочутливий ефект з точки зору МКС Янсона та викладено деякі принципи детектування газових середовищ; окремий параграф в огляді присвячено надпровідності у ВТНП-купратах на основі d -хвильового спарювання; та параграф, в якому викладено основні принципи кластерного аналізу (що було використано в розділі 5 дисертації).

У другому розділі «Експериментальне обладнання та методика проведення досліджень» докладно описано методику проведення досліджень та надано опис відповідного устаткування. Зокрема описано методи отримання точкових контактів Янсона, які було використано в даній роботі, та описано пристрой для їх створення; надано опис криогенної частини мікроконтактної установки; розглянуто принципи проведення вимірювань для контролюваного газового середовища. У висновках до другого розділу підкреслено, що використання наявного експериментального обладнання забезпечило ефективність та достовірність отриманих результатів.

Третій розділ «Мікроконтактна спектроскопія надпровідника SnNb_5Se_9 » присвячений дослідженням провідних властивостей та енергетичної щілини нового шаруватого надпровідника SnNb_5Se_9 . Визначено величину та температурну залежність енергетичної щілини для цієї сполуки. У ході досліджень було виявлено наявність кластерів вихідних сполук у матриці основної речовини. Кластери мали надмалу величину та відносну концентрацію $\sim 10^{-7}$, що унеможливлювало їх реєстрацію іншими методами.

У четвертому розділі « $d_{x^2-y^2}$ -хвильове спарювання у $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$: виявлення ознак наявності “is” додаткового ПП» представлені результати досліджень $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ щодо можливості реалізації в ньому s -хвильового спарювання. Досліджені спектри андріївського відбиття сполуки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, що була сильно допована цинком, свідчать про можливість прояву у ній механізму s -хвильового спарювання за умов, коли d -хвильове спарювання пригнічене. Було виявлено тунельні спектри джозефсонівських розломних контактів надпровідної сполуки $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, які свідчать про наявність $d_{x^2-y^2} \pm is$ змішаної симетрії ПП поблизу поверхні (110).

У п'ятому розділі «Дослідження газової чутливості сенсорних матриць на основі солей TCNQ» проведено дослідження нелінійної електропровідності

точкових контактів з $[N-C_4H_9\text{-iso-Qn}](TCNQ)_2$ на зразках мультиструктурних сенсорних матриць з цієї речовини. Було виявлено, що відгук такої мультиструктури на дію газу, що віддається людиною, має спектроподібний вигляд і тому суттєво відрізняється від кривих відгуку відомих аналогів. У роботі також запропоновано критерій відбору уніфікованих партій таких сенсорних матриць на основі застосування кластерного аналізу.

У Висновках сформульовані основні результати роботи.

Матеріали дисертації В.О. Гудименка повністю висвітлено у **6 наукових статтях** у провідних фахових виданнях України та за кордоном, вони доповідались та обговорювались на **16-х міжнародних конференціях**, опубліковані в збірниках тез цих міжнародних наукових конференцій і відомі спеціалістам в галузі фізики твердого тіла.

Дисертація написана логічно та зрозумілою науковою мовою і акуратно оформлена. Текст **автореферату** повністю та вірно викладає зміст дисертації.

Отримані результати можуть бути використані в наукових організаціях, які проводять експериментальні та теоретичні дослідження еволюції фізичних властивостей нанорозмірних твердотільних систем під дією зовнішніх чинників, а також в установах, що створюють нову техніку, зокрема сенсори та газоаналізатори, як на території України, так і за її кордонами.

Дисертація виконана на високому науковому рівні і свідчить про високий фаховий та кваліфікаційний рівень здобувача.

При загальній позитивній оцінці роботи слід відмітити, що дисертація не позбавлена певних недоліків. Так:

1. У розділі 1.8. «Мікроконтактний газочутливий ефект» надана загальна інформація щодо природи адсорбційно-десорбційних процесів (с. 54-57), але мало уваги приділено фізиці процесів, що обумовлюють значну чутливість таких об'єктів.
2. У розділі 4. « $d_{x^2-y^2}$ -хвильове спарювання у $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$: виявлення ознак наявності “is” додаткового ПП» автор проводить дослідження наявності феноменів, що передбачає теоретична робота (Y. Tanuma, Y. Tanaka, and S. Kashiwaya), але в розділі 1 огляду цієї роботи не представлено.
3. У розділі 5 демонструються відгуки спектрального типу на дію складного газового середовища для точково-контактних сенсорів та зазначається його істотна відмінність порівняно з відгуками, які характерні для відомих сенсорних аналогів, що знаходяться у однакових умовах. Однак прикладів зміни провідності традиційних сенсорів під дією складних газових середовищ не наведено.

В тексті дисертаційної роботи є також невдалі вирази та незначні друкарські описки.

Зазначені вище зауваження не мають принципового характеру і не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Науковий рівень дисертації є

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

Таким чином, дисертація В.О. Гудименка є завершеною науковою працею, в якій отримано нові достовірні результати які у сукупності **вносять вагомий вклад** у розвиток фізики твердого тіла

Наукова значущість дисертації полягає у тому, що дані, які було отримано для надпровідних сполук, дають значний внесок для розвитку розуміння механізмів виникнення надпровідних станів та їх теоретичного опису; експериментально знайдені значні зміни провідності точкових контактів Янсона під дією газового середовища та їх унікальний спектроподібний характер закладають основи використання МКС Янсона для експрес-аналізу складу багатокомпонентних газових сумішей.

Практична значущість роботи полягає у тому, що продемонстровано перспективність створення сенсорів на основі мультиструктурних матриць з точкових контактів органічного провідника $[N\text{-C}_4\text{H}_9\text{-iso-Qn}](\text{TCNQ})_2$ та застосування їх у медицині для експрес-тестування станів організму людини.

На основі викладеного вище вважаю, що дисертаційна робота В.О. Гудименка «Особливості нелінійної електропровідності точкових контактів Янсона на основі шаруватих сполук» є оригінальним науковим дослідженням та відповідає всім вимогам МОН України до кандидатських дисертацій, зокрема пунктам 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її автор, В.О. Гудименко, безумовно заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізики твердого тіла.

Офіційний опонент,

проводний науковий співробітник
кафедри фізики низьких температур
Харківського національного
університету імені В.Н. Каразіна,
канд. фіз.-мат. наук, ст. н. сп.

Г.Я. Хаджай

Підпис засвідчує
Начальник служби управління
персоналом

