

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Савицького Андрія Володимировича

«Нелінійні електричні властивості мікроконтактів в умовах зовнішнього впливу»,

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

Дисертаційну роботу Савицького А.В. присвячено експериментальному дослідженню впливу зовнішніх чинників на поведінку точково-контактних структур, виготовлених за технологією мікроконтактної спектроскопії (МКС) Янсона. У першу чергу йдеться про особливості при кімнатних температурах електропровідності гетерокontaktів «золото / одностінні вуглецеві нанотрубки» (SWNT) в газовому середовищі та про струмові стани мідних точкових контактів у рідкому середовищі. Усі результати дисертації пов'язані з будовою твердотільних об'єктів та процесами, що в них відбуваються, тож дисертаційна робота А.В. Савицького повністю відповідає спеціальності **01.04.07 – фізика твердого тіла**.

Актуальність теми дисертації. У наш час розвиток фізики твердого тіла відкриває привабливі перспективи практичного застосування для процесів, що відбуваються на нанорозмірному масштабі. Зокрема, мікроконтактна спектроскопія Янсона, що дозволяє вивчати багато фундаментальних фізичних явищ у різноманітних об'єктах, може використовуватися у сучасних приладах.

З цієї точки зору вельми перспективними об'єктами є гетероконтакти з використанням вуглецевих нанотрубок в газовому середовищі, бо вуглецеві нанотрубки мають велику адсорбційну здатність, тому такі гетероконтакти можуть слугувати основою для створення надчутливих сенсорів.

Точковий контакт у рідкому середовищі також створює основу для розробки новітніх сенсорних технологій.

Дослідження, які лягли в основу дисертації А.В. Савицького, виконані в рамках тематичного плану ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України за чотирма темами НАН України та двома темами в рамках міжнародного співробітництва

Все викладене вище свідчить про **безперечну актуальність теми дисертації А.В. Савицького**.

Мету роботи – вивчення струмових станів точкових контактів під дією зовнішніх факторів: надвисокої густини струму; в умовах впливу газових та рідких середовищ – вважаю досягнутою в межах поставлених автором задач.

Обґрунтованість висновків дисертації та їх достовірність забезпечує використання в роботі фізично обґрунтованого, надійного та широко розповсюдженого методу мікроконтактної спектроскопії Янсона; інтерпретація експериментальних результати в рамках єдиної теоретичної схеми, що дозволило встановити особливості струмових станів точкових контактів в таких системах.

Конструкція установки, вимірювальна апаратура високого класу точності, та ефективні методики обробки інформації забезпечили **реалізацію експериментальних завдань дисертації** – отримання мікроконтактного спектру шаруватого квазідвовимірного дихалькогеніду $2Na-TaSe_2$; отримання даних про вплив певного газового середовища на вольт-амперні характеристики (ВАХ) точкових гетероконтактів Au/SWNT у широкому діапазоні опорів; дослідження транспортних характеристик точкового контакту в рідкому середовищі.

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 $2Na-TaSe_2$ отримано мікроконтактний спектр та визначена мікроконтактна функція електрон-фононої взаємодії.

2. Для точкових гетероконтактів Au/SWNT отримано дані про ВАХ та ефект газової чутливості до аміаку в широкому діапазоні опорів; виявлено надвисоку чутливість цих гетероконтактів до малих концентрацій аміаку, що на два порядки перевищила чутливість еталонного сенсора на основі поодинокі нанотрубки.

3. Отримано транспортні характеристики точкового контакту в рідкому середовищі – бідистильована вода.

В цілому дисертація містить 162 сторінки, 52 рисунки. Список використаних джерел складається з 141 найменування.

Дисертаційна робота А.В. Савицького 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 та властивості нанорозмірних електропровідних структур» містить огляд літературних даних про мікроконтактну спектроскопію Янсона та властивості нанорозмірних електропровідних структур. Розглянуті теоретичні моделі точково-контактних структур та процеси, що в них відбуваються; деякі принципи детектування газових середовищ; властивості вуглецевих нанотрубок; описана безщілинна електродна система. В кінці розділу наведено постановку завдань.

У другому розділі «Методичні особливості досліджень та експериментальне обладнання» докладно описані методичні особливості досліджень, зокрема методи отримання точкових контактів; мікроконтактний дослідний комплекс та кріостати, які дозволяють швидко переходити від гелієвих температур до кімнатних і навпаки; особливості досліджень в газових та рідких середовищах. У висновках до другого розділу підкреслено, що використання наявного експериментального обладнання забезпечило отримання достовірних експериментальних даних.

Третій розділ «Функція електрон-фононої взаємодії у шаруватому дихалькогеніді $2Na-TaSe_2$ » присвячений дослідженням мікроконтактних спектрів на гетероконтактах $2Na-TaSe_2/Cu$. Визначено функцію електрон-фононої взаємодії та розраховані важливі інтегральні параметри електрон-фононої системи дослідженої даній сполуки, зокрема температура Дебая та середньоквадратична частота фононів.

У четвертому розділі «Особливості електричної провідності гетероконтактів Au/SWNT в газовому середовищі» представлені результати експериментальних досліджень гетероконтактів Au/SWNT в середовищі аргону високої чистоти з малим вмістом аміаку. Було зафіксовано дуже велику чутливість цих точкових гетероконтактів до низьких концентрацій аміаку з наступною швидкою релаксацією у початковий стан після припинення імпульсу газу. Виявлено складний спектроподібний відгук гетероконтактів Au/SWNT на багатокomпонентну суміш газів, що видихається людиною.

У п'ятому розділі «Особливості електричної провідності точкових контактів у рідкому середовищі» вольт-амперні характеристики точкових контактів Янсона використано для вивчення процесів, що відбуваються на поверхні каналу провідності у рідкому середовищі – бідистильованій воді. Встановлено струмові стани каналу провідності, та режими переносу заряду в точковому контакті в залежності від напруг зсуву. Визначено енергію початку електрохімічної реакції шляхом вимірювання падіння напруги на точковому контакті. Наведено свідчення квантового характеру росту дендритних контактів.

У Висновках сформульовані основні результати роботи.

Матеріали дисертації А.В. Савицького повністю висвітлено у **5 наукових статтях** у провідних фахових виданнях України та за кордоном, вони доповідались та обговорювались на **12 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. Наведу декілька з них:

1. У розділі 1.8. «Вуглецеві нанотрубки» багато уваги приділяється поняттю хіральності (с. 52-56), але далі це не використовується.
2. У розділ 4 «Особливості електричної провідності гетероконтактів Au/SWNT в газовому середовищі» вибір аміаку для досліджень обґрунтований тільки важливістю його для живих організмів та хімічної промисловості, і не пояснено, що робить аміак зручним об'єктом саме для МКС.
3. У розділі 5, на с. 118. написано «перестають діяти класичні закони термодинаміки [74]» – це, мабуть, занадто сильне твердження.

В тексті дисертаційної роботи є також незначні друкарські описки. Наприклад, формула (5.2.1) повинна бути записаною так: $(e^2/(\pi\hbar))^{-1} = 12.9 \text{ k}\Omega$.

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 А.В. Савицького 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 експериментально встановлені значні зміни провідності точкових контактів, створених за технологією МКС Янсона, під дією зовнішнього середовища – газу чи рідини, що створює фізичні основи використання МКС для аналізу складу газових сумішей та рідин.

Практична значущість роботи полягає у тому, що продемонстровано перспективність створення сенсорів на основі точкових контактів.

На основі викладеного вище вважаю, що дисертаційна робота А.В. Савицького «Нелінійні електричні властивості мікроконтактів в умовах зовнішнього впливу» 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, А.В. Савицький, безумовно заслуговує присудження наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.07 – фізика твердого тіла.

Офіційний опонент,

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



Г.Я. Хаджай

Підпис пр. наук. сп. Хаджая Г.Я. засвідчую.

Вчений секретар Харківського національного
університету імені В.Н.Каразіна

Н.А.Вінникова


