

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника,
провідного наукового співробітника кафедри фізики низьких температур
Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна

ХАДЖАЯ Георгія Ярославовича

на дисертаційну роботу Герус Анни Олегівни

«Сенсорні властивості дендритних точково-контактних наноструктур»,
подану на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань
10 «природничі науки» за спеціальністю 104 «фізика та астрономія».

Актуальність теми дисертації

В основі дисертаційної роботи А.О.Герус лежить вивчення електричної провідності дендритних точкових контактів Янсона в процесі циклічного комутаційного ефекту з метою виявлення сенсорних властивостей цих наноструктур. Синтез *in situ* нанорозмірних дендритних точкових контактів Янсона визначається циклічним комутаційним ефектом, який протікає в електроліті, що знаходиться в контакті з середовищем, що аналізується. Даний ефект можна використовувати для розробки надчутливих квантових сенсорів, здатних до селективного детектування в газах та рідинах на основі формування вихідної квантової системи та реєстрації її енергетичних станів у динамічному режимі. Розвиток даної галузі за минулі роки стрімко набирає велику популярність. Таким чином, тема дисертаційної роботи А.О. Герус є безсумнівно **актуальною**. Варто відзначити, що дисертантка зробила належну апробацію результатів на наукових семінарах та міжнародних конференціях світового рівня.

Актуальність дисертаційної роботи А.О. Герус підтверджується також тим, що досліджень за темою дисертації були складовою часткою таких дослідницьких проектів:

«Функціональні властивості новітніх надпровідних з'єднань та металовмісних спин та зарядно-упорядкованих структур» (ДР № 0117U002294);

"Провідні, надпровідні, магнітні та сенсорні властивості новітніх функціональних матеріалів" (ДР № 0122U001501);

«Селективний квантовий сенсор для виявлення хімічних, біологічних, радіологічних, ядерних речовин у газових та рідких середовищах» (науковий проект міжнародної програми НАТО «Наука заради миру та безпеки») SPS.MYP 985481 Media Спільний проект з Інститутом матеріалів ім. Жана Руксея, Нант, Франція.

Ці проекти виконувались у Фізико-технічному інституті низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України та в Інституті матеріалів ім. Жана Рукселя, Нант, Франція.

Авторка дисертаційної роботи брала участь у зазначених науково-дослідних роботах як виконавець.

Структура дисертації

Дисертаційна робота складається з п'яти основних розділів. Розглянемо основні результати у відповідній послідовності.

У **першому розділі** надано огляд фундаментальних основ мікроконтактної спектроскопії (МКС) Янсона та точкових контактів Янсона, розглянуто фундаментальні характеристики точково-контактних структур, таких як електричний потенціал та функція розподілу електронів. Описані принципи детектування газових середовищ.

У **другому розділі** детально описано методичні особливості досліджень та експериментальне обладнання, яке використовувалось в дисертаційній роботі.

Третій розділ присвячений квантовому механізму селективного детектування газів та рідких середовищ на основі зміни кондактансу дендритних точкових контактів Янсона, завдяки якому вперше виявлено та показана відмінність гістограм провідності та енергетичних рівнів дендритних точково-контактних систем, синтезованих в різних газових середовищах.

У **четвертому розділі** представлена концепція безцилинної електрохімічної електродної моделі, за допомогою якої визначено локалізацію ділянки руйнування каналу провідності дендритного точкового контакту Янсона в рідкому середовищі.

П'ятий розділ показує, що квантові точково-контактні сенсори спроможні селективно детектувати широке коло газових середовищ, від інертних газів до складних газових сумішей.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Встановлений квантовий механізм селективного детектування газів та рідких середовищ на основі зміни кондактансу дендритних точкових контактів Янсона.
2. Вперше продемонстровано відмінність гістограм провідності та енергетичних станів дендритних точково-контактних систем, синтезованих в різних газових середовищах, а також в однакових середовищах різної концентрації.

3. З'ясована природа процесів синтезу та руйнування дендритних точкових контактів Янсона у рідкому середовищі.

Практичне значення одержаних результатів

Отримані у дисертаційній роботі результати поглиблюють, розширюють та узагальнюють знання механізму селективного детектування складних середовищ на основі квантування кондактансу, створюють необхідні умови для подальших досліджень квантових сенсорних ефектів та розвиток квантової сенсорики. Точково-контактні чутливі елементи відкривають широкі перспективи детектування різноманітних газових середовищ та є запорукою застосування їх до розробки новітніх квантових сенсорних технологій.

Обґрунтованість наукових положень, висновків та їх достовірність

Обґрунтованість та достовірність отриманих в дисертації результатів гарантована завдяки високому рівню досліджень у закладі, де виконано дисертацію – Фізико-технічному інституті низьких температур ім. Б.І. Веркіна НАН України; застосуванню сучасного експериментального обладнання; використанню оригінальних методів та сучасних теорій, які показали свою ефективність та були апробовані під час попередніх досліджень, визнаних науковою спільнотою; високому фаховому рівню співавторів наукових публікацій.

Повнота викладення в наукових публікаціях за темою дисертації.

Результати дисертаційних досліджень опубліковано в 4 статтях в виданнях, що індексуються в міжнародних наукометричних базах SCOPUS та Web of Science. 2 статті опубліковані в журналах квартилю Q2 та Q1 (Springer Nature Appl. Sci. та Nanomaterials). Число та рівень публікацій є достатнім для дисертаційної роботи доктора філософії згідно встановленим вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 104 — «Фізика та астрономія». Всі статті у співавторстві, у одній статті дисертант – перший автор. З дисертації, та публікацій є очевидним, що особистий вклад дисертанта в ці роботи є вирішальним.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. Розділ 3. В описаних експериментах було запроваджено відкачку повітря вакуумним насосом до 10^{-2} мм рт. ст., тобто вода при цьому могла застигати. Чи відбувалась внаслідок цього механічна деформація електродів.
2. Розділ 5. Ви стверджуєте, що використовували бідістильовану воду, яка через гідратацію стає насиченою іонами міді з тексту дисертації не зрозуміло, чи контролювали ви якість даний процес.

Загальна оцінка та висновок.

Перелічені зауваження не впливають істотно на отримані автором дисертації результати і на загальну високу оцінку роботи. Дисертація добре структурована і написана належною для роботи науковою мовою. Основні результати опубліковані у 4 статтях у відомих виданнях. При цьому, очевидно, що значний внесок у роботу належить дисертантці. Актуальність та наукове значення отриманих результатів не викликають сумнівів. Дисертація А.О. Герус є закінченою науковою роботою, в якій отримані експериментальні результати, розроблена модель та апробовано на практиці квантовий механізм селективного детектування газів та рідких середовищ, який дозволяє вирішувати низку важливих досліджень в області квантових сенсорних наноструктур.

Вважаю, що, враховуючи актуальність обраної теми, новизну та наукову значимість отриманих результатів, достовірність та обґрунтованість висновків, дисертаційна робота «Сенсорні властивості дендритних точково-контактних наноструктур», повністю задовольняє вимогам, що ставляться до дисертацій доктора філософії МОН України, а її авторка, Анна Олегівна Герус, поза сумнівом, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 104 «фізика та астрономія».

кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
кафедри фізики низьких температур
Харківського національного університету
імені В.Н. Каразіна.



Георгій ХАДЖАЙ

Підпис провідний науковий співробітник кафедри фізики низьких температур Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна Хаджася Г. Я. засвідчую

Начальник відділу кадрів

Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна



Олена ГРОМИКО