

РЕЦЕНЗІЯ

старшого наукового співробітника відділу мікроконтактної спектроскопії
ФТІНТ ім. Б.І. Веркіна НАН України,
кандидата фізико-математичних наук

Квітницької Оксани Євгенівни

на дисертаційну роботу Герус Анни Олегівни

«Сенсорні властивості дендритних точково-контактних наноструктур»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 104 -
«Фізика та астрономія» з галузі знань 10 – «Природничі науки»

Актуальність обраної теми дисертації.

Дисертаційна робота присвячена дослідженню сенсорних ефектів в дендритних точково-контактних структурах. Метою дисертаційної роботи було вивчення електричної провідності дендритних точкових контактів в процесі еволюції їх структури під дією циклічного комутаційного ефекту, яке спрямоване на виявлення сенсорних властивостей цих наноструктур. Актуальність даної теми обумовлена необхідністю розробки і вдосконалення електропровідних сенсорів, які мають ряд безумовних переваг, таких, як зручність роботи з різними типами об'єктів, високий рівень технологічних характеристик, можливість створення портативних пристроїв на їх основі, швидкість одержання результатів, невисока вартість приладів і простота їх експлуатації.

Загальна характеристика роботи та отриманих у ній результатів

Загальний обсяг кваліфікаційної наукової праці, що подана на рецензію, складає 160 сторінок та складається з анотації, вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел з 117 найменувань, 2 додатків та містить 28 рисунків.

Розділ 1 присвячено літературному огляду сучасного стану проблеми. Автор приділяє значну увагу основам мікроконтактної спектроскопії (МКС) Янсона. Наведено інформацію про моделі точкових контактів, описано різні режими протікання струму, розглянуто фізичні характеристики точкових контактів. Також докладно описані принципи детектування газових середовищ і характеристики роботи хімічних, електрохімічних та оптичних сенсорів

У другому розділі викладаються особливості процесу створення точкових контактів за технологією МКС Янсона та описуються методи дослідження їхніх характеристик. В розділі описується лабораторне устаткування, методологія підготовки електролітів та електродів, які були використані для створення дендритних точкових контактів, методологія досліджень в газовому середовищі і методика обробки результатів експериментів.

У третьому розділі представлено механізм селективного детектування газових середовищ на основі експериментальних вимірювань зміни кондактансу дендритних точкових контактів та запропоновано нову концепцію селективного детектування в газових та рідких середовищах.

В розділі 4 детально описано принцип роботи безщільної електрохімічної системи. За допомогою концепції цієї системи визначено локалізацію ділянки руйнування каналу провідності дендритного точкового контакту в рідкому середовищі. Запропоновано математичну модель руйнування дендритних мідних точкових контактів під час циклічного комутаційного ефекту.

В розділі 5 розглянуто результати досліджень, що були спрямовані на перевірку можливості практичного застосування селективного механізму детектування газових середовищ. Обговорено вимоги, які необхідно виконати для розробки прототипу сенсора, чутливим елементом якого є дендритний точковий контакт. Також наведено результати експериментів дослідження електричної провідності дендритних точкових контактів у середовищі оточуючого повітря. Показано можливість спостереження циклічного комутаційного ефекту в таких умовах. Виявлено відмінність гістограм провідності, отриманих в однокомпонентних газах та складному газовому середовищі.

Висновки дисертаційної роботи повністю відповідають поставленій меті дослідження та змісту представлених результатів.

Автором було проведена достатньо велика кількість експериментів, отримані експериментальні результати є в великій мірі новими. На підставі представлених в дисертації досліджень можна зробити висновок, що здобувач оволоділа експериментальною методологією. Результати, представлені в дисертаційній роботі, опубліковано у 4 наукових статтях, серед яких є статті в міжнародних високо рейтингових виданнях квартиля Q1 і Q2, та в матеріалах 19 міжнародних та вітчизняних наукових конференцій.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Недоречність використання терміну «спектроскопія» при вимірюваннях при кімнатній температурі, коли температурне розмиття нівелює отримання спектроскопічної інформації у методі мікроконтактної спектроскопії Янсона.
2. Використання імені І.К.Янсона в терміні «дендритний мікроконтакт Янсона» викликає питання. Це було б доречно, якщо б це Янсон запропонував такий спосіб отримання контактів. Якщо ж мається на увазі, що дендритні контакти демонструють «спектроскопічні властивості», як у методі МКС Янсона, то таких експериментальних доказів не наведено. Як вказано вище, таку «спектроскопію» неможливо реалізувати при кімнатній температурі.
3. Для висновку про ідеальну кристалічну структуру дендритного контакту потрібно надати експериментальні докази щодо цього, тому що з зображень електродів на фотографіях Рис. 5.1 і 5.2, не можна зробити таких висновків.
4. Поступова зміна провідності при рості дендритного контакту пояснюється у розділі 5 оболонковим квантовим ефектом, де наводяться відповідні гістограми провідності. Ці гістограми недостатньо інформаційні і по ним **неможливо** зробити висновки щодо природи квантування та про присутність оболонкового ефекту. З дисертації не зрозуміло під «керуванням» **якого** квантового оболонкового ефекту (електронного чи атомного) відбувається формування кристалічної структури контакту і яким чином. Якщо розглянути відомі публікації по виявленню оболонкового ефекту (наприклад роботи [35] та [98], процитовані в дисертації), то потрібно провести принаймні на порядок більше сканів і мати для побудови гістограми мінімум декілька десятків тисяч значень опорів (див. Рис.3 у [98]), щоб отримати достовірну картину поведінки провідності.
5. В недавній роботі Julia Hauser *et al* 2023 Nanotechnology 34, 175703 були досліджені квантові ефекти в провідності наноконтактів міді при кімнатних умовах, але не було виявлено впливу кисню на їхні характеристики, що викликає сумнів у тому, як можуть невеликі концентрації інертних газу аргону чи метану впливати на провідність контактів і «керувати оболонковими ефектами».
6. У розділі 3.3 допущена неточність щодо визначення опору мікроконтактів в умовах спектрального режиму.

Загальний висновок та оцінка дисертації.

Таким чином, в дисертаційній роботі досліджуються ефекти нелінійної електропровідності в дендритних точкових контактах. На підставі результатів запропонований механізм селективного детектування газів та рідких середовищ на основі зміни кондактансу дендритних наноструктур, вперше виявлено відмінність гістограм провідності та енергетичних станів дендритних точково-контактних систем, синтезованих в різних газових середовищах. Показано, що квантові точково-контактні сенсори спроможні селективно детектувати широке коло газових середовищ. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка містить нові результати, що мають потенціал для практичного застосування при розробці зокрема газочутливих сенсорів.

Вважаю, що за актуальністю, новизною, рівнем отриманих наукових результатів дисертація Герус Анни Олегівни **«Сенсорні властивості дендритних точково-контактних наноструктур»** відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 № 44, а її автор, Герус Анна Олегівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 - фізика та астрономія в галузі знань 10 – природничі науки.

Рецензент:

старший науковий співробітник
ФТІНТ ім.Б.І.Веркіна НАН України,
кандидат фіз.-мат. наук,
старший науковий співробітник



О.Є. Квітницька

