

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Найдьонова Арсенія Олександровича

на тему «Гнучкі сенсори на основі nanoцелюлози та її композитів для біомедичних застосувань»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування
за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка

Актуальність теми дисертації.

Накопичення електронних відходів – це глобальна екологічна проблема. Більшість сенсорних пристроїв після використання потребують спеціалізованої утилізації або не утилізуються взагалі. Робота здобувача актуальна тим, що пропонує альтернативу синтетичним полімерним матеріалам, а саме: використання nanoцелюлози та біополімерів, які є безпечними для довкілля. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку "зеленої електроніки" та циркулярної економіки.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- Вперше запропоновано гнучкі сенсори вигину, створені на основі композитів nanoцелюлози та полівінілового спирту у поєднанні з металевими плівками, які демонструють тензочутливість, що перевищує характеристики відомих аналогів.

- Вперше синтезовано композитний матеріал із nanoцелюлози, полівінілового спирту та графіту, який виконує функції одночасно підкладки й чутливого елемента. Створені сенсори є повністю біорозкладними та характеризуються спрощеною технологією виготовлення.

- Розроблено новий провідний композит із nanoцелюлози, полівінілового спирту та заліза, на основі якого виготовлено гнучкі біорозкладні сенсори з тензочутливістю, що є аналогічною до сучасних сенсорів на основі штучних полімерів.

Достовірність отриманих наукових результатів у дисертаційній роботі забезпечується комплексним підходом до дослідження, який включає фізичні експерименти, використання сучасних методів аналізу матеріалів (скануюча електронна мікроскопія, атомно-силова мікроскопія, абсорбційна спектроскопія тощо), а також моделювання електричних характеристик сенсорів у середовищі

COMSOL® Multiphysics. Результати експериментів корелюють з теоретичними даними та демонструють відтворюваність параметрів з часом.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі мікроелектроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках НДР №0120U102056 “Екологічно безпечні технології перероблення недеревної рослинної сировини у наноцелюлозні композиційні матеріали для органічного пакування і зеленої гнучкої електроніки” (№2301/2-п, 2020-2022 рр) та НДР №0123U105274 “Органічно-неорганічні гібридні структури для електронних сенсорів” (2023-2025 рр) під керівництвом доцента кафедри мікроелектроніки, к.т.н., доц. Коваль Вікторії Михайлівни.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання синтезувати та дослідити плівки гнучких композитів на основі наноцелюлози для сенсорів вигину виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Найдьонова А. О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 153 – Мікро- та наносистемна техніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Мікро- та наносистемна техніка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Нові речовини і матеріали».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна Найдьонова Арсенія Олександровича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Матеріал у дисертації викладено чітко та впорядковано. Автор дотримується вимог наукового стилю, термінологія відповідає галузевим стандартам у сфері сенсорних систем і матеріалознавства. Структура роботи логічна, кожен розділ плавно переходить до наступного. Пояснення до графіків і таблиць зрозумілі та технічно вивірені, що сприяє легкому сприйняттю навіть складних моделей.

Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 193 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, окреслено наукову новизну, практичне значення та структуру роботи.

У першому розділі проведено огляд сучасного стану досліджень у галузі гнучких сенсорів на основі наноцелюлози та її композитів, проаналізовано їх властивості, класифікацію, методи синтезу та можливі сфери застосування.

У другому розділі виконано моделювання електричних властивостей сенсорів з різними типами композитів (з графітом, залізом та металевими плівками) і тензорезисторів різної геометрії, визначено перколяційні пороги та вплив морфології плівки на опір.

У третьому розділі описано виготовлення сенсорів з металевою плівкою (нікель) на підкладках з композитів наноцелюлози і полівінілового спирту, досліджено їх фізичні, електричні, механічні властивості, зносостійкість та біорозкладність.

У четвертому розділі представлено сенсори на основі провідного композиту з графітом, описано технологію синтезу, проведено дослідження електричних та механічних характеристик, а також придатності таких сенсорів до моніторингу м'язової активності людини.

У п'ятому розділі розглянуто сенсори з композиту з наноцелюлози, полівінілового спирту і заліза з орієнтацією частинок в магнітному полі. Крім того, вивчено їх електропровідність, гнучкість, біорозкладність і ефективність у фіксації рухів різної амплітуди.

У висновках узагальнено основні результати, підтверджено досягнення мети роботи та сформульовано практичні рекомендації.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 11 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 7 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 3 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 2 статті у виданнях, віднесених до першого – третього квартилів (Q1–Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 3 наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій здобувача є досить високим. Основні результати дисертації опубліковано у фахових наукових журналах категорії Б, а також у виданнях, індексованих у міжнародних наукометричних базах Scopus і Web of Science, зокрема в журналах Q3-квартиля, що свідчить про відповідність

тематики публікацій сучасному рівню розвитку мікро- та наносистемної техніки та про міжнародне визнання результатів дослідження.

Публікації охоплюють усі ключові аспекти дисертації: синтез нових матеріалів на основі наноцелюлози, їх електричні та механічні властивості, моделювання сенсорів вигину та їхнє практичне застосування. Особистий внесок здобувача до публікацій у співавторстві є суттєвим і добре аргументованим у тексті дисертації – здобувач виконував синтез матеріалів, проводив дослідження морфологічних та електричних характеристик, а також розробляв технології виготовлення та тестування сенсорів. В наукових публікаціях дотримано принципів академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. В тексті дисертації бракує обґрунтування вибору методу осадження металеві тензочутливої плівки на поверхню біополімерів, зокрема, чому в роботі використовувались вакуумні методи осадження тонких плівок, а не методи трафаретного друку.
2. Деякі рисунки в дисертації, особливо в літературному огляді, містять англійські позначення та написи на осях, що може призводити до неузгодженості термінів в тексті та на рисунках, а також погіршує сприйняття роботи широкою аудиторією.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Найдюнова Арсенія Олександровича на тему «Гнучкі сенсори на основі наноцелюлози та її композитів для біомедичних застосувань» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань Автоматизація та приладобудування. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «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 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Найдьонов Арсеній Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 153 – Мікро- та наносистемна техніка.

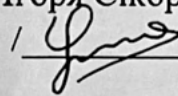
Рецензент:

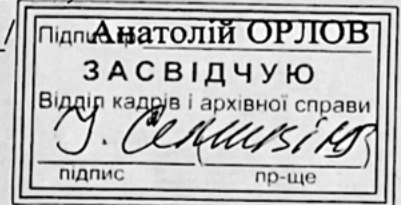
професор кафедри мікроелектроніки,
факультету електроніки

Національного технічного Університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

к.т.н., професор

/  /



«30» травня 2025 року