

Голові
Разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету
«Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Андрію ФЕЧАНУ

РЕЦЕНЗІЯ

завідувача кафедри електронної інженерії Національного університету
«Львівська політехніка», доктора технічних наук, професора

ЯРЕМЧУК Ірини Ярославівни

на дисертацію

АДАМ'ЯКА Олега Андрійовича:

**«Сигнальні перетворювачі органічних напівпровідникових оптопар
для пристроїв сенсорної електроніки»**

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі
знань 17 «Електроніка та телекомунікації»
за спеціальністю 171 «Електроніка»

Актуальність теми

Дисертація спрямована на вирішення завдання модифікації методів та засобів сигнального перетворення (Signal Processing) органічних напівпровідникових оптопар для пристроїв сенсорної електроніки. Це дослідження є важливим кроком у розвитку сучасних сенсорних систем, особливо в контексті їх застосування в Інтернеті Речей IoT (Internet of Things) та Індустріальному Інтернеті Речей IIoT (Industrial Internet of Things).

Використання органічних напівпровідникових оптопар в концепціях «Розумних сенсорів» (Smart Sensors) та «Лабораторій на кристалі» (Lab-on-Chip) відкриває нові можливості для створення гнучких, енергоефективних та високочутливих сенсорних систем, здатних до інтеграції в різноманітні середовища та застосування.

Особливо перспективним є впровадження таких сенсорних пристроїв у сферу Інтернету медичних речей IoMT (Internet of Medical Things). Це дозволяє реалізувати неінвазивний моніторинг фізіологічних параметрів, розумні імпланти та біосенсорні платформи, що забезпечують постійний контроль стану здоров'я пацієнтів у реальному часі. Інтеграція органічних оптопар у технологію Lab-on-Chip сприяє мініатюризації та підвищенню ефективності діагностичних пристроїв, дозволяючи проводити

комплексний аналіз біологічних рідин і хімічних сполук на мікрорівні.

Крім того, застосування органічних оптопар у сенсорних системах сприяє розвитку технологій злиття даних (Data Fusion). Це забезпечує багаторівневу інтеграцію інформації з різних сенсорних джерел, підвищуючи точність та надійність прийняття рішень у реальному часі. Така інтеграція є критично важливою для систем штучного інтелекту, робототехніки та адаптивних систем управління, де необхідна швидка та точна обробка великих обсягів даних.

Важливою особливістю розглянутих у дисертації сигнальних перетворювачів є їх здатність до самодіагностики *in-situ*. Ця технологія забезпечує автономний контроль стану сенсорних пристроїв під час їхньої роботи, дозволяючи виявляти зміни параметрів чутливих елементів та інші фактори, що впливають на точність вимірювань, без необхідності зовнішнього втручання. Самодіагностика *in-situ* є особливо важливою у критичних застосуваннях, таких як імплантовані медичні пристрої, космічні апарати та автономні системи екологічного моніторингу, де доступ до сенсорів обмежений або неможливий.

Ступінь обґрунтованості та достовірності основних наукових положень, висновків і рекомендацій представлених в дисертації підтверджено безпосередньо проведеними експериментальними дослідженнями SPICE-моделювання для розробки макромоделей органічних оптопар та їх сигнальних перетворювачів, а також проведено параметричні аналізи для оптимізації роботи трансімпедансних підсилювачів. Представлені в роботі експериментальні дослідження добре співвідносяться за результатами між собою та демонструються хорошу кореляцію з роботами інших авторів у даній галузі. Достовірність та правдивість отриманих результатів відображено у висновках дисертації. Основні результати дослідження автора опубліковано у міжнародних наукових виданнях, що входять до наукометричних баз, та наукових фахових виданнях України. Обговорення результатів дослідження проходило на міжнародних наукових конференціях. Усе зазначене вище дозволяє стверджувати про обґрунтованість та достовірність отриманих наукових результатів та висновків дисертації. Результати дослідження були впроваджені у виробництво та навчальний процес.

Достовірність і новизна наукових положень, висновків і рекомендацій.

У ході розв'язання поставленої наукової задачі здобувачем отримані наступні основні наукові результати.

1. Розроблено метод синтезу SPICE макромоделей компонентів оптоелектроніки, які відрізняються поєднанням в єдиному комплексі структур світлодіода та фотоприймача (фотодіода чи фоторезистора) з врахуванням зміни їх параметрів внаслідок самонагріву, модуляції оптичного середовища та часової нестабільності, що дає змогу підвищити

ефективність модельних досліджень сигнальних перетворювачів органічних оптопар сенсорної електроніки.

2. Набув подальшого розвитку метод формальної аналогії, який відрізняється поєднанням функціональної електро-оптичної та електро-теплової аналогії, сигнального трансімпедансного перетворення та імпедансної спектроскопії, що дає змогу синтезу макромоделей сигнальних трактів оптопар сенсорної електроніки.

3. Розвинено метод параметричного аналізу компонентів оптоелектроніки, який відрізняється використанням вимірювальних перетворювачів імпедансу на основі квадратурного детектування сигналу, що дає змогу підвищити інформативність моніторингу часового та температурного дрейфу параметрів оптопар органічної оптоелектроніки.

4. Встановлено закономірності трансімпедансного перетворення «фотострум-напруга», які отримано з врахуванням зміни значень опорної напруги на неінвертуючому вході операційного підсилювача та опорному виводі фотосенсора, що суттєво розширює функціональні характеристики схем сигнального перетворення та дає змогу встановлення кількісних параметрів фоторезистивного та фотодіодного механізмів перетворення.

Практичне значення одержаних результатів роботи насамперед полягає у тому, що результати моделювання можуть бути використанні для побудови органічної оптопари для оптичних сенсорних пристроїв. Можуть бути використані високо прецензійні оптоелектронні сенсорні пристрої на основі органічних оптопар. Результати дисертаційного дослідження Адам'яка О. А. були використані для модернізації навчальної дисципліни "Основи моделювання для електронної техніки" на кафедрі електронної інженерії, а також для підвищення завадостійкості вхідних трактів комбінованих мір напруги у виробничому процесі ДП "Мікроприлад 07" Серед практичних результатів представлених в роботі основними є наступні:

- автором вперше розроблений метод синтезу SPICE макромоделей, що враховує зміну параметрів світлодіода та фотоприймача, значно спрощує процес проектування та оптимізації сигнальних перетворювачів органічної оптоелектроніки, підвищуючи їх ефективність та точність;

- набув подальшого розвитку метод параметричного аналізу, який базується на вимірювальних перетворювачах імпедансу із квадратурним детектуванням сигналу, який забезпечує більш детальний моніторинг часових та температурних змін параметрів компонентів оптоелектроніки, сприяючи підвищенню надійності таких систем;

- встановлені закономірності трансімпедансного перетворення «фотострум-напруга» які дозволяють не лише розширити функціональні можливості сигнальних схем, але й забезпечити кількісний аналіз механізмів перетворення у фоторезистивних і фотодіодних структурах;

- розроблені методи і моделі можуть бути використані в інженерних і науково-дослідних проєктах для створення новітніх сенсорних систем,

які працюють на базі органічної оптоелектроніки, відкриваючи нові перспективи в галузях телекомунікацій, медицини, та промислової автоматизації.

Відповідність теми дисертації профілю спеціальності, відсутність порушень академічної доброчесності. Практичний і науковий напрямок досліджень автора вказує на відповідність його дисертації паспорту спеціальності 171 «Електроніка». Анотація дисертації повністю відповідає її змісту, та передає основні наукові результати Адам'яка О.А. Жодних підстав для сумнівів у науковій доброчесності автора дисертації в результаті детального ознайомлення з роботою не виявлено. Посилання на публікації за участю автора роботи повністю відображають тематику дисертації.

Зауваження та рекомендації до дисертації. Незважаючи на низку одержаних автором важливих наукових і практичних результатів, в самій роботі присутні деякі недоліки:

1. Огляд літератури у п. 1.1 має переважно описовий характер і не містить кількісного порівняння параметрів органічних сенсорів з традиційними неорганічними аналогами (наприклад, за чутливістю чи стабільністю) про реальні переваги та обмеження органічних оптопар у прикладних сенсорних системах.

2. В 2 розділі роботи, в процесі реалізації методу формальної аналогії між тепловими та електричними величинами доцільно представити величини ймовірних розбіжностей між результатами модельних та практичних досліджень.

3. У розділі 3 дисертації, під час аналізу частотних характеристик методом імпедансної спектроскопії у гальваностатичному режимі, доцільно вказати межі частотного діапазону активуючого сигналу. В цьому ж розділі слід вказати переваги та недоліки використання фотодіодного та фоторезистивного перетворення.

Наведені зауваження ніяк не впливають на загальний високий рівень виконаної роботи та на загальну оцінку матеріалу дисертації.

Висновок про відповідність дисертації вимогам, які пред'являються до наукового ступеня доктора філософії. Дисертація Адам'яка О.А. «Сигнальні перетворювачі органічних напівпровідникових оптопар для пристроїв сенсорної електроніки» є завершеною науково-дослідною працею. За своєю актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, обґрунтованістю основних положень та висновків повністю відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження доктора філософії» затвердженого постановою Кабінету Міністрів від 12 січня 2022 р. №44 з останніми змінами, внесеними постановою КМ №341 від 21.03.2022 р., а її автор Адам'як Олег Андрійович може бути

рекомендований для присудження, за умови розгляду разової спеціалізованої вченої ради Національного університету «Львівська політехніка» йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 171«Електроніка».

Рецензент
завідувач кафедри
електронної інженерії
Національного університету
«Львівська політехніка»,
д.т.н., професор

Ірина ЯРЕМЧУК

Підпис д.т.н., проф. Яремчук І.Я . засвідчую

Проректор
Національного університету,
«Львівська політехніка»



Роман ФЕДОРИШИН