

**Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професору
Галині КЛИМ**

РЕЦЕНЗІЯ

**професора кафедри напівпровідникової електроніки
Національного університету «Львівська політехніка»,
доктора технічних наук, професора,
БУРОГО Олега Анатолійовича
на дисертацію**

**КУЗНЄЦОВА Олександра Валентиновича
«Фемтосекундна лазерна обробка як інструмент покращення поверхневих
властивостей металів для сенсорів та суперконденсаторів»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі знань
15 «Автоматизація та приладобудування»
153 «Мікро- та наносистемна техніка»**

Актуальність теми дисертації. Як відомо, покращення таких характеристик сенсорів, як чутливість, точність, селективність, стабільність, швидкодія, мініатюризація та енергоефективність дозволяє розширити спектр використання сенсорів у нових галузях, включаючи біомедицину, робототехніку, інтернет речей (IoT), безпілотні транспортні засоби, системи моніторингу довкілля тощо.

Суперконденсатори, які також розглядаються в роботі, характеризуються високою питомою потужністю, швидкими зарядженням та розрядженням, значною циклічною стійкістю, довговічністю тощо. Подальший розвиток суперконденсаторів потребує збільшення енергетичної густини, зниження внутрішнього опору, збільшення терміну експлуатації та стабільності роботи за екстремальних умов.

Системного вдосконалення сенсорів і суперконденсаторів автором роботи пропонується досягнути завдяки використанню лазерно-індукованих періодичних поверхневих структур (ЛППС). Вибір саме цього методу зумовлений його перспективністю та недостатньою дослідженістю в контексті покращення функціональних параметрів зазначених пристроїв, що відкриває широкі можливості для отримання нових результатів.

Ступінь обґрунтованості та достовірності основних наукових положень, висновків і рекомендацій. Достовірність та обґрунтованість наукових результатів роботи забезпечені коректністю постановки задач, співставленням одержаних результатів із результатами, опублікованими в наукових працях інших дослідників, коректною організацією експериментальних досліджень із застосуванням сучасних методів, методик та обладнання. Здобувачем за темою роботи опубліковано 6 наукових праць, де повністю відображені основні результати дисертації, з них 1 стаття у фаховому виданні України; 2 – у наукових періодичних виданнях інших держав, які включені до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus, Web of Science); 2 – у матеріалах конференцій, індексованих у наукометричних базах Scopus та Web of Science.

Наукова новизна одержаних результатів обумовлена комплексним характером дослідження лазерно-індукованих періодичних поверхневих структур, які пропонуються автором для використання у сенсорний пристроях та суперконденсаторах. Зокрема, автором роботи:

- ✓ Запропоновано використання 2D-шаруватих Ti/Fe конденсатів з ЛППС як активного матеріалу для сенсорів водню, причому встановлено оптимальні режими формування цих нанорельєфів, що дозволяють потенційно покращити чутливість і стабільність сенсорних елементів.
- ✓ Встановлено вплив атмосфери та параметрів фемтосекундного опромінення на синтез нанопорошків Ni, Co, NiCo шляхом прямої абляції: охарактеризовано зміну їхнього фазового складу й морфології залежно від умов, що дозволяє керувати стабільністю та каталітичними властивостями порошків.
- ✓ Встановлено, що формування ЛППС на поверхні алюмінієвих колекторів суперконденсаторів як у повітрі, так і в азоті дозволяє суттєво зменшити їх електричний опір, відкриваючи перспективу значного покращення енергетичних характеристик суперконденсаторів.
- ✓ Запропоновано та реалізовано методику вплавлення вуглецевого покриття в алюмінієву фольгу за допомогою фемтосекундного лазерного

випромінювання, що дозволило досягти стабільного з'єднання вуглецю з металевою основою без порушення механічної цілісності матеріалу.

- ✓ Досліджено взаємозв'язок між параметрами лазерної обробки, структурними змінами поверхні та електрофізичними властивостями модифікованих матеріалів, визначено оптимальні параметри обробки для забезпечення максимальної ефективності сенсорних та суперконденсаторних пристроїв.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробленні методик лазерної модифікації поверхні сенсорних та суперконденсаторних елементів, які дозволяють покращити їхні функціональні характеристики (чутливість, стабільність, довговічність, електропровідність). Розроблені режими лазерної обробки можуть бути застосовані у виробництві сенсорів для виявлення водню, а також у формуванні вискоефективних електродів суперконденсаторів, що мають перспективу широкого практичного використання у сучасних екологічних та енергозберігаючих технологіях..

Відповідність теми дисертації профілю спеціальності, відсутність порушень академічної доброчесності. Галузь досліджень та вирішені в дисертації науково-практичні задачі відповідають паспорту спеціальності 171 «Електроніка». Жодних підстав для сумнівів у науковій доброчесності здобувача під час детального ознайомлення з дисертацією не виявлено. Узгодженість тексту дисертації з науковими працями дисертанта свідчить про відсутність ознак фальсифікації. Посилання на публікації за участю здобувача в повній мірі відображають тематику дисертаційної роботи.

Зауваження та рекомендації до дисертаційної роботи

1. Бажано би давати ширші порівняння із результатами робіт інших дослідників.
2. Викликає певний сумнів зазначена точність отриманих даних. Чи дійсно, наприклад, коефіцієнти корисної дії, зазначені у Таблиці 4.3 визначені із точністю до другого знаку після коми, а шорсткості поверхонь (Таблиця 4.5) – до четвертого?

3. Присутня різниця у оформленні посилань на різні статті у списку цитованих джерел.
4. Присутні деякі стилістичні і граматичні помилки.

Висновок про відповідність дисертації вимогам, які пред'являються до наукового ступеня доктора філософії. За кількістю публікацій, обсягом, якістю, повнотою висвітлення результатів та розкриттям змісту дисертації Кузнецова О.В. «Фемтосекундна лазерна обробка як інструмент покращення поверхневих властивостей металів для сенсорів та суперконденсаторів» є завершеною науково-дослідною роботою, що повністю відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.17р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та постанови КМ від 12 січня 2022 р. №44 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження доктора філософії» з останніми змінами, внесеними постановою КМ №341 від 21.03.2022 р., а її автор Кузнецов Олександр Валентинович може бути рекомендований для присудження йому, за умови розгляду разової спеціалізованої вченої ради Національного університету «Львівська політехніка», наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 176 Мікро- та наносистемна техніка.

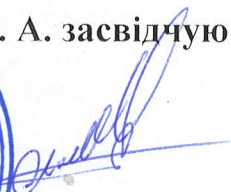
Рецензент
професор кафедри
напівпровідникової електроніки
Національного університету
«Львівська політехніка»
д. т. н., професор



Олег БУРИЙ

Підпис д.т.н., проф. Бурого О. А. засвідчую

Проректор

Микола ЛОГОЙДА