

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного університету «Львівська політехніка»
доктору технічних наук, професорці Ірині ЯРЕМЧУК

РЕЦЕНЗІЯ

доктора фізико-математичних наук, професора

МИКИТЮКА Зіновія Матвійовича

на дисертацію **Жиденка Іллі Володимировича**

«Нанокompозити з підвищеною вогнезахисною ефективністю
для сенсорної електроніки», представлену на здобуття наукового ступеня
доктора філософії за спеціальністю 171 – Електроніка,
галузь знань 17 – Електроніка та телекомунікації

Актуальність теми

Підвищення вимог до безпеки та надійності матеріалів у різних галузях промисловості робить пошук та дослідження композитів з покращеними термічними властивостями пріоритетним завданням. Використання вуглецевих нанотрубок у таких композитах дозволяє отримувати матеріали з підвищеною механічною міцністю, електропровідністю та теплопровідністю. Поєднання цих властивостей в одному матеріалі відкриває нові можливості для досягнення унікальних фізико-хімічних характеристик та забезпечення відповідності вимогам сучасної електроніки, аерокосмічної сфери та інших областей.

Впровадження комп'ютерних симуляцій для експрес моделювання процесів у нанокompозитах дозволяє значно скоротити час та витрати на розробку нових матеріалів, а можливості контролю вогнестійкості та електропровідності за рахунок технологічних параметрів та зовнішніх полів можуть бути використані для створення сенсорних систем, що дозволять своєчасно виявляти та

попереджувати надзвичайні ситуації. Це також забезпечує точніше прогнозування властивостей матеріалів та збільшує ефективність використання за різних умов експлуатації.

З урахуванням зазначеного вище можна стверджувати, що дисертація Жиденка І.В., яка побудована навколо досліджень композитних полімерів з додаванням вуглецевих нанотрубок, що володіють покращеними вогнезахисними властивостями, сприятиме підвищенню безпеки та ефективності в різних сферах застосування такого класу матеріалів та є актуальним дослідженням.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення та висновки у дисертації обґрунтовані належним чином, що підтверджується всебічним аналізом джерел, чітко сформульованими дослідницькими завданнями, використанням сучасних методів та коректним застосуванням математичних інструментів і перевірених експериментальних методів. Надійність та обґрунтованість запропонованих методів і засобів підтверджена результатами досліджень та правильним застосуванням методик під час роботи. Достовірність одержаних результатів також підтверджується дослідженнями автора, публікаціями у міжнародних наукових виданнях та провідних журналах України, апробацією наукових результатів і їх практичним застосуванням.

Результати роботи було представлено та обговорено на міжнародних та всеукраїнських конференціях як в Україні, так і за кордоном, зокрема: International Conference on Electronics and Nanotechnology ELNANO (Kyiv, Ukraine), 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering TCSET (Lviv, Ukraine), 13th International Conference "Nanomaterials: Applications & Properties" NAP (Bratislava, Slovakia), International Research and Practice Conferences

“Nanotechnology and Nanomaterials” NANO (Lviv, Ukraine), Young Researchers’ Conference - Materials Science and Engineering (Belgrade, Serbia), International Conference E-MRS Fall Meeting (Warsaw, Poland), 10th International Conference “Relaxed, Nonlinear and Acoustic Optical Processes and Materials” dedicated to the memory of Oleh Parasyuk and Iwan Kityk RNAOPM-2020 (Lutsk–Lake «Svityaz'», Ukraine), Young Scientists Conferences on Semiconductor Physics «Lashkaryov’s readings» (Kyiv, Ukraine). Основні положення дисертації опубліковані автором у 25 наукових працях, із них 6 статей у наукових фахових виданнях України та періодичних закордонних виданнях, 19 праць у збірниках доповідей наукових конференцій, 5 з яких індексуються у наукометричній базі даних Scopus.

До основних пунктів **наукової новизни** можна віднести те, що:

- Визначено, що ступінь диспергування нанотрубок у полімерній матриці відіграє значну роль у регулюванні вогнезахисної ефективності нанокомпозитів. Для теплового профілю зразків з часом диспергування нанотрубок 2 год характерною є пікова різниця температур у 55 °С, тоді як для зразків з часом диспергування нанотрубок 1 год така різниця не перевищує 50 °С. На основі порівняльного аналізу динаміки передачі тепла оцінено, що збільшення часу диспергування на 1 год покращує вогнетривкість на 15%.
- Встановлено вплив типу та концентрації нанотрубок з чистотою понад 95% на термічні характеристики полімерних нанокомпозитів. Оптимальний концентраційний діапазон для досягнення покращеної термічної стабільності та теплопровідності має межі 1,5 – 2,5%, а заміна одностінкових вуглецевих нанотрубок на багатостінкові при інших ідентичних умовах покращує вогнетривкість кінцевого нанокомпозиту орієнтовно на 25%.
- Встановлено, що одночасний вплив β -випромінювання з середньою

енергією 0,17 MeV та γ -випромінювання з середньою енергією 0,19 MeV збільшує електричний опір нанокompозитів на 2 кОм. Радіаційні дефекти, які створюються після поглинання дози випромінювання, призводять до створення рівнів захоплення, що вивільняються і дають внесок у електропровідність нанокompозитів у межах температур 230–260 К.

Практичне значення одержаних результатів роботи є сильною стороною дисертації оскільки в ній наявна значна кількість як експериментальних, так і теоретичних досліджень. Результати дисертаційного дослідження використані при виконанні науково-дослідних робіт та можуть знайти подальше практичне застосування для покращення вогнестійкості нанокompозитів.

Розроблені моделі для комп'ютерної симуляції електропровідності та перколяційних процесів у нанокompозитах здатні значно скоротити час, необхідний для прогнозування властивостей нових матеріалів. Це забезпечує швидке впровадження інноваційних матеріалів у виробництво, що є критично важливим для сучасної промисловості. Методика аналізу температурних профілів, розроблена в рамках дослідження, надає інженерам ефективні інструменти для розробки нових багатофункціональних матеріалів, призначених для протипожежного захисту. Результати досліджень також були впроваджені у навчальний процес.

Відповідність теми дисертації профілю спеціальності, відсутність порушень академічної доброчесності. Науковий та практичний напрямок досліджень автора вказує на відповідність його дисертаційної роботи паспорту спеціальності 171 Електроніка. У тексті анотації лаконічно викладено основні положення дисертаційної роботи, які повністю відображають її зміст. Жодних підстав для сумнівів у науковій доброчесності дисертанта за результатами

детального ознайомлення з дисертацією не виявлено. Посилання на публікації за участю здобувача в повній мірі відображають тематику дисертації.

Зауваження та рекомендації до дисертації. Оцінюючи дисертацію критично, можна відмітити декілька недоліків:

1. При порівнянні теплового відклику епоксидних нанокompозитів з домішками одностінкових і багатостінкових нанотрубок вважається що однаковий час диспергування свідчить про приблизно однаковий ступінь дисперсії. Однак той самий час диспергування може приводити до дещо різних результатів з точки зору утворення агломерацій для одностінкових і багатостінкових нанотрубок.
2. Робота не містить аналізу економічних аспектів виробництва та масштабування сенсорів та інших елементів на основі досліджених нанокompозитів, що є важливим для оцінки перспектив їхнього промислового застосування.
3. При дослідженні термічних властивостей нанокompозитів порівняльні залежності для зразків з вмістом одно- та багатостінкових нанотрубок необхідно було для порівняння представити на спільних графіках. Представлені у підрозділі 4.7. рисунки утруднюють аналіз результатів дослідження та їхнє візуальне сприйняття.
4. У висновках розділів 3 та 4 необхідно було внести кількісні показники.

Відмічені зауваження жодним чином не применшують загальний високий рівень виконаної роботи та на впливають на комплексну оцінку матеріалу дисертації.

Висновок про відповідність дисертації вимогам, які пред'являються до наукового ступеня наукового ступеня доктора філософії. Дисертація Жиденка Іллі Володимировича «Нанокompозити з підвищеною вогнезахисною

ефективністю для сенсорної електроніки» є завершеною науково-дослідною роботою. За своєю актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, обґрунтованістю основних положень та висновків робота повністю відповідає вимогам наказу МОН України №40 від 12.01.17 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та постанови Кабінету Міністрів 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, Жиденко Ілля Володимирович, 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:

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри електронної інженерії

Національного університету

«Львівська політехніка»

3

Зіновій МИКИТЮК

Підпис д.ф.-м.н., професора Зіновія МИКИТЮКА

«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Національного університету

«Львівська політехніка»

« 26 » 07 2024 р.



Роман БРИЛИНСЬКИЙ