Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U002787

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-07-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Жиденко Ілля Володимирович
2. Illia V. Zhydenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7219-0024

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 171

Назва наукової спеціальності: Електроніка

Галузь / галузі знань: електроніка та телекомунікації

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Електроніка

Дата захисту: 15-08-2024

Спеціальність за освітою: Пожежна безпека

Місце роботи здобувача: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Код за ЄДРПОУ: 08571340

Місцезнаходження: вул. Клепарівська, буд. 35, Львів, 79007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Державна служба України з надзвичайних ситуацій

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 6258

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 47.09

Тема дисертації:

1. Нанокомпозити з підвищеною вогнезахисною ефективністю для сенсорної електроніки
2. Nanocomposites with increased flame retardant efficiency for sensor electronics

Реферат:

1. Дисертація присвячена розв’язанню актуального науково-технічного завдання з експериментального дослідження та моделювання нанокомпозитів з підвищеною вогнезахисною ефективністю для сенсорної електроніки. Вона включає комплексне вивчення фізико-хімічних аспектів одержання нанокомпозитів, аналіз технологічних параметрів для досягнення максимальної термічної стійкості та оптимальних електричних властивостей. Дисертація також охоплює використання комп’ютерного моделювання для прогнозування поведінки матеріалів під впливом зовнішніх фізичних полів, а також для розробки методик оцінки перспектив підвищення вогнестійких властивостей та розширення функціональних застосувань композитних матеріалів з додаванням вуглецевих нанотрубок в умовах експлуатації. У першому розділі проведено літературних огляд щодо технологій одержання нанокомпозитів, методологій їх одержання. Показано, що додавання нанорозмірних елементів наповнення, таких як наночастинки, нанотрубки, у діелектричну матрицю дозволяє синтезувати матеріали з істотно покращеними фізичними властивостями. Попри значний об’єм досліджень у цій області, проблема вогнетривкості цих матеріалів до кінця не вивчена і

потребує додаткових досліджень. У другому розділі представлено особливості одержання нанокомпозитів в вмістом одно- та багатостінкових нанотрубок, а також експериментальні методики їх дослідження та теотеричні моделі для комп'ютерних симуляцій. Описано методологію, а також програмно-апаратне забезпечення для електричної характеризації нанокомпозитів. Проаналізовано специфіку постановки експериментів методами імпеданс-спектроскопії, підходи до опрацювання одержаних спектрів імпедансу у рамках різних алгоритмів, процедуру відбору та аналізу результатів, специфіку моделювання експериментальних спектрів методами еквівалентних кіл. Представлено запропоновану методику вимірювання термічних властивостей полімерів з домішками вуглецевих нанотрубок. У третьому розділі представлено результати теоретичних досліджень нанокомпозитів, сформованих додаванням нанорозмірних елементів наповнення (нанотрубок) у діелектричну матрицю. Запропонована система чисельного моделювання нанотрубок у діелектричному середовищі, яка дозволяє параметризацію властивостей та візуалізацію результатів з використанням різних формалізмів опису електропровідності. Модель враховує ефект тунельної провідності, що має значний вплив на електричні взаємодії між нанорозмірними об'єктами. Симуляції доводять можливість контролю над орієнтацією нанотрубок у гібридних композитах за допомогою зовнішніх полів, таким чином, вказуючи на можливість динамічного керування їхніми електричними властивостями. Шляхом розрахунків для моделі показано, що при відстані тунелювання у межах 1,5-3 нм провідність нанокомпозиту досягає 50 См/м при об'ємній концентрації нанотрубок 2%. Збільшення відношення довжини нанотрутрубок до діаметра до 120, дозволяє досягнути провідності 90 См/м при концентрації не більшій за 0,05%. У четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень властивостей нанокомпозитів. Для експериментів та оцінки можливостей практичного застосування формувалися композитні наноструктури «полімер – одностінкові вуглецеві нанотрубки» та «полімер – багатостінкові вуглецеві нанотрубки». Показано, що агрегація нанотрубок усередині полімеру більше властива композитам на основі багатостінкових нанотрубок. Проведено комплексне дослідження змін електричного опору одержаних нанокомпозитних структур від температури, частоти прикладеної змінної напруги та дози поглинутого бета- та гамма-випромінювання. Показано, що додавання нанотрубок до полімеру підвищує електропровідність та покращує чутливість до радіаційного впливу. Показано, що радіаційні дефекти, які створюються після поглинання дози випромінювання, призводять до створення рівнів захоплення, що вивільняються і дають внесок у електропровідність нанокомпозитів у межах температур 230–260 К. Досліджено термічні властивості нонокомпозитів, які визначають їх вогнестійкість. 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 оС, тоді як для зразків з часом диспергування нанотрубок 1 год така різниця не перевищує 50 оС. 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 термічну стабільність 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%.

2. The thesis is devoted to the solution of the actual scientific and technical task of experimental research and modeling of nanocomposites with increased flame retardant efficiency for sensor electronics. It includes a comprehensive study of the physical abd chemical aspects of obtaining nanocomposites, analysis of technological parameters to achieve maximum thermal stability and optimal electrical properties. The work also covers the use of computer modeling to predict the behavior of materials under the influence of external physical fields, as well as to develop methods for evaluating the prospects for improving fire-resistant properties and expanding the functional applications of composite materials with the addition of carbon nanotubes in operational conditions. In the first chapter, a literature review was conducted on nanocomposite manufacturing technologies and their manufacturing methodologies. It is shown that the addition of nanotubes to the dielectric matrix allows the

synthesis of materials with significantly improved physical properties. The problem of fire resistance of these materials has not been fully studied and requires additional research. The second chapter presents the peculiarities of obtaining nanocomposites containing single- and multi-walled nanotubes, as well as experimental methods of their research and theoretical models for computer simulations. The methodology, as well as software and hardware for the electrical characterization of nanocomposites are described. The specifics of setting up experiments using impedance spectroscopy methods, approaches to processing the obtained impedance spectra within the framework of various algorithms, the procedure for selecting and analyzing results, and the specifics of modeling experimental spectra using equivalent circuit methods were analyzed. The proposed method of measuring the thermal properties of polymers with carbon nanotube impurities is presented. The third section presents the results of theoretical studies of nanocomposites formed by adding nanotubes to the dielectric matrix. A system of numerical modeling of nanotubes in a dielectric medium is proposed, which allows parameterization of properties and visualization of results using various formalisms for describing electrical conductivity. The model takes into account the tunneling effect, which has a significant impact on electrical interactions between nanoscale objects. The simulations demonstrate the possibility of controlling the orientation of nanotubes in hybrid composites with the help of external fields, thus indicating the possibility of dynamic control of their electrical properties. Calculations for the model show that with a tunneling distance of 1.5-3 nm, the conductivity of the nanocomposite reaches 50 S/m with a volume concentration of nanotubes of 2%. Increasing the ratio of the length of the nanotubes to the diameter to 120 allows to achieve a conductivity of 90 S/m at a concentration of no more than 0.05%. The fourth chapter presents the results of experimental studies of the properties of nanocomposites. It is shown that the aggregation of nanotubes inside the polymer is more characteristic of composites based on multi-walled nanotubes. A comprehensive study of changes in electrical resistance of the obtained nanocomposite structures as a function of temperature, frequency of applied alternating voltage, and dose of beta and gamma radiation was carried out. It is shown that the addition of nanotubes to the polymer increases electrical conductivity and improves sensitivity to radiation exposure. It is shown that the radiation defects that are created after the absorption of the radiation dose lead to the creation of capture levels that are released and contribute to the electrical conductivity of nanocomposites in the temperature range of 230–260 K. The thermal properties of nanocomposites, which determine their fire resistance, have been studied. It was determined that the degree of dispersion of nanotubes in the polymer matrix plays a significant role in regulating the flame-retardant efficiency of nanocomposites. A peak temperature difference of 55 oC is characteristic for the thermal profile of samples with a nanotube dispersion time of 2 h, while for samples with a nanotube dispersion time of 1 h such a difference does not exceed 50 oC. Based on the comparative analysis of heat transfer dynamics, it is estimated that increasing the dispersion time by 1 hour improves fire resistance by 15%. The influence of the type and concentration of nanotubes with a purity of more than 95% on the thermal characteristics of polymer nanocomposites was established. The optimal concentration range for achieving improved thermal stability and thermal conductivity has limits of 1.5-2.5%, and replacing single-walled carbon nanotubes with multi-walled ones under otherwise identical conditions improves the fire resistance of the final nanocomposite by approximately 25%.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Нові речовини і матеріали

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- • Karbovnyk, I., Klym, H., Chalyy, D., Zhydenko, I., & Lukashevych, D. (2022). Impedance analysis of PEDOT:PSS/CNT composites below percolation threshold. Applied Nanoscience. 12(1), 1263-1266.

- • Karbovnyk, I., Klym, H., Piskunov, S., Popov, A. A., Chalyy, D., Zhydenko I., Lukashevych, D. (2020). The impact of temperature on electrical properties of polymer-based nanocomposites. Low Temperature Physics, 2020, 46(12), p. 1231-1234.
- • Karbovnyk, I., Klym, H., Chalyy, D., Zhydenko, I., & Lukashevych, D. (2023). Low temperature electrical behavior of PEDOT: PSS polymer composites reinforced with single/multi-walled carbon nanotubes. Molecular Crystals and Liquid Crystals, 756(1), 94-100.
- • Zhydenko, I., Klym, H. (2022). Simulation of the tunneling conductivity in refractory nanotube/dielectric composite systems. Electronics and information technologies. 19, 26-37.
- • Zhydenko I., Klym H. (2023). Radiation-induced alterations in the electrical characteristics of PEDOT:PSS/CNT nanocomposites. Electronics and information technologies, 23, 3-13.
- • Zhydenko I., Klym H. (2023). Simulating field-induced percolation in a three-dimensional array of straight nanotubes. Electronics and information technologies, 24, 3-12.
- • Karbovnyk, I., Olenych, Y., Klym, H., Bolesta, I., Lukashevych, D., Chalyy, D., & Zhydenko, I. (2019). SEM and electrical studies of carbon nanotube reinforced PEDOT:PSS layers. 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 16-18 April 2019, Kyiv, Ukraine, 344-347.
- • Karbovnyk, I., Klym, H., Lukashevych, D., Chalyy, D., & Zhydenko, I. (2020). Electrical behavior of single/multi-walled carbon nanotubes composites. 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 22-24 April 2020, Kyiv, Ukraine, 351-354.
- • Zhydenko, I., Klym, H., Karbovnyk, I., & Chalyy, D. (2022). Influence of radiation on the electrical properties of nanocomposites. 2022 IEEE 41st International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), 10-14 October 2022, Kyiv, Ukraine, 274-277.
- • Zhydenko, I., Klym, H., Chalyy, D., & Karbovnyk, I. (2022). Modeling of percolation effect in arrays of curved nanotubes. 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), 22-26 February 2022, Lviv-Slavske, Ukraine, 829-832.
- • Zhydenko, I., Klym, H., Chalyy, D., & Karbovnyk, I. (2023). Electrical and structural properties of PEDOT:PSS polymer matrices reinforced with carbon nanotubes. 2023 IEEE 13th International Conference Nanomaterials: Applications & Properties (NAP), 10-15 September, Bratislava, Slovakia, NSS13-1-4.
- • Karbovnyk, I., Lukashevych, D., Chalyy, D., Olenych, I., Klym, H., Zhydenko, I. (2019). Electrical and structural properties of PEDOT:PSS polymer composites reinforced with single/multi-walled carbon nanotubes. Abstracts of the International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2019), 27-30 August 2019, Lviv, Ukraine, 226.
- • Lykashevych, D., Zhydenko I., Chalyy, D. Karbovnyk, I., Klym, H. (2019). Study of electrical behavior of polymer-nanotubes composites. Abstracts of the Eighteenth Young Researchers’ Conference Materials Science and Engineering, December 4-6, 2019, Belgrade, Serbia, 42.
- • Karbovnyk, I. Klym, H., Chalyy, D., Zhydenko, I., Lukashevych, D. (2020). Single/multi-walled nanotubes composites studied at low temperatures. Proceedings of the Tenth 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, 25-29 June 2020, 71.
- • Karbovnyk, I., Klym, H., Chalyy, D., Lukashevych, D., Zhydenko, I. (2020). Impedance analysis of PEDOT:PSS/CNT composites below percolation threshold. Abstracts of the International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2020), 26-29 August 2020, Lviv, Ukraine, 195.
- • Karbovnyk, I., Klym, H., Chalyy, D., Zhydenko, I., Lukashevych, D. (2021). Nanocomposite structures for radiation sensing and shielding. Abstracts of the International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2021), 25-27 August 2021, Lviv, Ukraine, 202.
- • Zhydenko, I., Chalyy, D., Karbovnyk, I., Klym, H. (2022). PEDOT:PSS polymer matrices reinforced with carbon nanotubes: electrical and structural properties. Abstracts of the 10th International Research and Practice

Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2022), Lviv, Ukraine, 25-27 August, 2022, 220.

- • Zhydenko, I., Karbovnyk, I., Klym, H., Chalyy, D. (2022). Influence of frequency and temperature on electrical resistivity of polymer-based nanocomposites. Abstracts of the 10th International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2022), Lviv, Ukraine, 25-27 August, 2022, 221.
- • Karbovnyk, I., Zhydenko, I., Chalyy, D., Klym, H. (2022). Structural and electrical study of PEDOT:PSS nanocomposites before and after irradiation. International Conference 2022 E-MRS Fall Meeting, Warsaw, Poland, 19-22 September, 2022. M.P.36.
- • Zhydenko, I., Chalyy, D., Klym, H., Karbovnyk, I. (2022). Thermo-physical properties of epoxy resin reinforced by single-walled and multi-walled carbon nanotubes. Abstracts of the Twentieth Young Researchers’ Conference - Materials Science and Engineering, November 30 – December 2, 2022, Belgrade, Serbia, 48.
- • Zhydenko, I., Klym, H. (2023). Impedance studies of PEDOT:PSS/CNTs nanocomposites. Abstracts of the Young scientists conference on semiconductor physics «Lashkaryov’s readings», April 4-5, 2023, Kyiv, Ukraine, 12.
- • Zhydenko, I., Klym, H., Karbovnyk, I., Chalyy, D. (2023). Enhancing the thermo-physical characteristics of epoxy resin through single- and multi-walled carbon nanotube reinforcement. International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2023), Bukovel, Ukraine, 16-19 August, 2023, 231.
- • Zhydenko, I., Klym, H., Karbovnyk, I., Chalyy, D. (2023). Simulating the formation of conductive networks in composites containing nanotubes. International Research and Practice Conference “Nanotechnology and Nanomaterials” (NANO-2023), Bukovel, Ukraine, 16-19 August, 2023, 236.
- • Zhydenko, I., Klym, H., Karbovnyk, I., Chalyy, D. (2023). Enhanced thermo-physical properties of epoxy resin with carbon nanotube reinforcements. International Conference 2023 E-MRS Fall Meeting, Warsaw, Poland, 18-21 September, 2023, 24_1467.
- • Zhydenko, I., Klym, H. (2024). Parametric modelling of conductivity in percolating nanotube networks. Young scientists conference on semiconductor physics «Lashkaryov’s readings-2024», 3-4 April, 2024, Kyiv, Ukraine, 45.

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; технології; матеріали

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0119U100435, 0116U004411

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Клим Галина Іванівна

2. Halyna I. Klym

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9927-0649

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Луньов Сергій Валентинович
2. Serhii V. Lunov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0737-8703

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Луцький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 05477296

Місцезнаходження: вул. Львівська, буд. 75, Луцьк, Луцький р-н., 43018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ціж Богдан Романович
2. Bohdan R. Tsizh

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.27.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1319-1016

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького

Код за ЄДРПОУ: 00492990

Місцезнаходження: вул. Пекарська, буд. 50, Львів, 79010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кулик Володимир Володимирович

2. Volodymyr V. Kulyk

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5999-3551

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Микитюк Зіновій Матвійович

2. Zinoviy M. Mykytyuk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.15

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7476-6031

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Яремчук Ірина Ярославівна
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Яремчук Ірина Ярославівна
Відповідальний за підготовку облікових документів	Бешлей М.І.
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна