

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U000509

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-03-2026

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. ШЕПОТЬКО Євгеній Миколайович

2. Yevhenii SHEPOTKO

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 12-05-2026

Спеціальність за освітою: 105 - Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 12236

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, 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 технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.33.39, 47.13.11, 29.19.31, 47.13.07

Тема дисертації:

1. Гнучкі термоелектричні, трибоелектричні і п'єзоелектричні приладові структури на основі наноструктурованих шарів напівпровідників і біополімерних нанокompatитів
2. Flexible thermoelectric, triboelectric and piezoelectric device structures based on nanostructured layers of semiconductors and biopolymer nanocomposites

Реферат:

1. Шепотько Є. М. Гнучкі приладові термоелектричні, трибоелектричні і п'єзоелектричні структури на основі наноструктурованих шарів напівпровідників і біополімерних нанокompatитів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 105 – Прикладна фізика та наноматеріали (10 – Природничі науки). – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Харків, 2026. Роботу виконано на кафедрі «Мікро- та наноелектроніки» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України. З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків,

вул. Кирпичова 2. Актуальність проведення даного дисертаційного дослідження полягає в розробці ефективних термоелектричних, трибоелектричних і п'єзоелектричних приладових структур гнучких і текстильних електронних генераторів та сенсорів для живлення носимої електроніки і для автономного детектування механічних впливів, які побудовано на основі біосумісних тонких наноструктурованих шарів напівпровідникових матеріалів оксиду цинку (ZnO) і йодиду міді (CuI) та з використанням біополімеру nanoцелюлози (NC). В дисертації вирішується комплекс завдань фундаментального і прикладного характеру. Розроблено конструкції гнучких текстильних трибоелектричних наногенераторів та автономних сенсорних датчиків із нанесеними автоматичним методом послідовної адсорбції і реакції іонних шарів (SILAR) наноструктурованими шарами ZnO на вуглецевій тканині (CF) і визначено їх вихідні характеристики. Створено оптимальний дизайн п'єзоелектричних/трибоелектричних двоконтактних сенсорів тиску та удару із синтезованими мікрохвильовим гідротермальним методом масивами нанострижнів та нанотрубок ZnO на вуглецевій тканині, виготовлено експериментальні зразки та проаналізовано їх вихідні характеристики. Виготовлено експериментальні зразки гнучких і текстильних термоелектричних елементів із наноструктурованими плівками CuI на підкладках із полііміду, поліетилентерефталату, із біополімеру nanoцелюлози та текстильних нанокомпозитів із гідрогелів NC різного походження і волокон поліефірної та бавовняної тканин, досліджено їх вихідні характеристики. Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному: - вперше розроблено приладові структури для ефективних трибоелектричних наногенераторів та автономних сенсорних датчиків на основі CF/ZnO; - вперше досліджено морфологію, хімічний склад, кристалічну структуру і фізичні властивості нанесених на волокна вуглецевої тканини мікрохвильовим гідротермальним методом масивів нанострижнів та нанотрубок оксиду цинку; - вперше розроблено автономні п'єзоелектричні/трибоелектричні генератори і сенсори із синтезованими мікрохвильовим гідротермальним методом масивами нанострижнів та нанотрубок оксиду цинку на вуглецевій тканині; - вперше розроблено приладові структури тонкоплівкових термоелектричних елементів для гнучких і текстильних термоелектричних генераторів на основі наноструктурованих шарів CuI на гнучких підкладках із синтетичних полімерів і біополімеру nanoцелюлози, а також на поверхні волокон текстильних нанокомпозитних підкладок із просочених nanoцелюлозою поліефірної і бавовняної тканин. Отримані результати мають практичне значення. Створено ефективні трибоелектричні наногенератори та автономні сенсорні датчики на основі нанесених на волокна вуглецевої тканини автоматичним методом SILAR наноструктурованих шарів оксиду цинку і досліджено їх вихідні параметри. Виготовлено функціональні експериментальні зразки автономних п'єзоелектричних/трибоелектричних генераторів і сенсорів із синтезованими мікрохвильовим гідротермальним методом масивами нанострижнів та нанотрубок оксиду цинку на вуглецевій тканині і досліджено їх вихідні параметри. Створено тонкоплівкові термоелектричні елементи на основі наноструктурованих шарів йодиду міді і гнучких полімерних підкладок із синтетичних матеріалів та біополімеру nanoцелюлози, а також текстильних біополімерних нанокомпозитних підкладок із просочених nanoцелюлозою поліефірної і бавовняної тканин, і експериментально доведено їх придатність для використання в гнучких і текстильних термоелектричних генераторах. Практичні результати роботи захищено патентом України на корисну модель № 159678 «Спосіб виготовлення текстильного п'єзоелектричного/трибоелектричного наногенератора із двохелектродною сандвічевою конструкцією»

Ключові слова: наноструктурований шар, сенсор, тонка плівка, кристалічна структура, напівпровідник, морфологія, нанокомпозит, електроніка, нанотехнологія, біополімер, рентгенівська дифракція, електричні параметри, підкладка, текстура, флуоресцентна спектроскопія

2. Shepotko Y. Flexible thermoelectric, triboelectric and piezoelectric device structures based on nanostructured layers of semiconductors and biopolymer nanocomposites. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript. Dissertation for the degree of doctor of philosophy in the specialty 105 «Applied physics and nanomaterials» (10 - Natural sciences). - National technical university «Kharkiv polytechnic institute» of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2026. The work was performed at the Department of Micro- and Nanoelectronics of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" of the Ministry of Education and Science of Ukraine. The dissertation can be found in the library of the National Technical University

"Kharkiv Polytechnic Institute" at the address: 2, Kyrpychova str., 61002, Kharkiv, Ukraine. The relevance of this dissertation research lies in the development of effective thermoelectric, triboelectric and piezoelectric device structures of flexible and textile electronic generators and sensors for powering wearable electronics and for autonomous detection of mechanical influences, which are built on the basis of biocompatible thin nanostructured layers of semiconductor materials zinc oxide (ZnO) and copper iodide (CuI), and using the biopolymer nanocellulose (NC). The dissertation solves a set of fundamental and applied problems. The designs of flexible textile triboelectric nanogenerators and autonomous sensors with nanostructured zinc oxide layers deposited on carbon fabric (CF) by the automatic successive ion layer adsorption and reaction (SILAR) method have been developed and their output characteristics have been determined. The optimal design of piezoelectric/triboelectric two-contact pressure and impact sensors with arrays of zinc oxide nanorods and nanotubes on CF synthesized by microwave hydrothermal method has been created, experimental samples have been manufactured and their output characteristics have been analyzed. The device structures of piezoelectric/triboelectric single-contact vibration sensors with arrays of zinc oxide nanorods and nanotubes on carbon fabric synthesized by microwave hydrothermal method have been developed, experimental samples have been manufactured and their output characteristics have been investigated. Experimental samples of flexible and textile thermoelectric elements with nanostructured CuI films on substrates made of polyimide, polyethylene terephthalate, on the biopolymer nanocellulose substrates and on textile nanocomposites made of NC hydrogels of various origins and polyester and cotton fabric fibers were manufactured, and their output characteristics were studied. The scientific novelty of the results obtained is as follows: - for the first time, device structures for efficient triboelectric nanogenerators and self-powered sensors based on CF/ZnO were developed; - for the first time, self-powered piezoelectric/triboelectric generators and sensors with arrays of zinc oxide nanorods and nanotubes synthesized by the microwave hydrothermal method on carbon fabric were developed; - for the first time, device structures of thin-film thermoelectric elements for flexible and textile thermoelectric generators based on nanostructured CuI layers on flexible substrates made of synthetic polymers and nanocellulose biopolymer were developed, as well as on the surface of fibers of textile nanocomposite substrates of polyester and cotton fabrics impregnated with nanocellulose. The obtained results are of practical importance. Effective triboelectric nanogenerators and self-powered sensors were created based on nanostructured zinc oxide layers deposited on carbon fabric fibers by the automatic SILAR method and their initial parameters were investigated. Functional experimental samples of self-powered piezoelectric/triboelectric generators and sensors with arrays of zinc oxide nanorods and nanotubes synthesized by microwave hydrothermal method on carbon fabric were manufactured and their output parameters were investigated. Thin-film thermoelectric elements were created based on nanostructured layers of copper iodide and flexible polymer substrates made of synthetic materials and nanocellulose biopolymer, as well as on fibers of textile biopolymer nanocomposites made of polyester and cotton fabrics impregnated with nanocellulose, and their suitability for use in flexible and textile thermoelectric generators was experimentally proven. The practical results of the work are protected by the patent of Ukraine for a utility model No. 159678 "Method for manufacturing a textile 5 piezoelectric/triboelectric nanogenerator with a two-electrode sandwich structure". Keywords: nanostructured layer, sensor, thin film, crystal structure, semiconductor, morphology, nanocomposite, electronics, nanotechnology, biopolymer, X-ray diffraction, electrical parameters, substrate, texture, fluorescence spectroscopy

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

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:

- Статті у періодичних наукових виданнях, які індексовано в базі SCOPUS:
- 1. Shepotko Y.M., Klochko N.P., Barbash V.A., Petrushenko S.I., Kopach V.R., Dukarov S.V., Sukhov V.M., Yashchenko O.V., Khrypunova A.L. Flexible environmentally friendly thermoelectric material made of copper (I) iodide and nanocellulose for green energy. *Journal of nano- and electronic physics*. 2023. V. 15. No. 4. P. 04003-1 – 04003-7.
- 2. Shepotko E.M., Klochko N.P., Kopach V.R., Petrushenko S.I., Dukarov S.V., Sukhov V.M., Khrypunova A.L. Copper-enriched nanostructured conductive thermoelectric copper(I) iodide films obtained by chemical solution deposition on flexible substrates. *Ukr. J. Phys.* 2024. V. 69. No. 2. P. 115-123.
- 3. Shepotko Y.M., Klochko N.P., Barbash V.A., Kopach V.R., Petrushenko S.I., Yashchenko O.V., Fijalkowski M., Adach K.I., Dukarov S.V., Sukhov V.M., Khrypunova A.L. Composite fabric with nanocellulose impregnated cotton for eco-friendly thermoelectric textile. *Cellulose*. 2024. V. 31. P. 5947-5961.
- 4. Shepotko Y.M., Petrushenko S.I., Fijalkowski M., Kopach V.R., Adach K., Dukarov S.V., Sukhov V.M., Fedonenko A., Khrypunova A.L., Klochko N.P. Carbon fabric coated with nanostructured zinc oxide layers for use in triboelectric self-powered touch sensors. *Journal of Material Science: Materials in Electronics*. 2024. V. 35. P. 414-1 – 414-20.
- 5. Shepotko Y.M., Petrushenko S.I., Fijalkowski M., Kopach V.R., Adach K., Dukarov S.V., Sukhov V.M., Fedonenko A., Khrypunova A.L., Klochko N.P. Triboelectric nanogenerators based on nanostructured layers of zinc oxide deposited on carbon fabric. *J. Compos. Sci.* 2023. V. 7. P. 496-1 – 496-13.
- 6. Shepotko Y.M., Petrushenko S.I., Adach K., Fijalkowski M., Kopach V.R., Dukarov S.V., Sukhov R.V., Fedonenko A., Khrypunova A.L., Klochko N.P. Zinc oxide nanorods and nanotubes arrays grown on carbon fabric by microwave hydrothermal method for self-powered piezoelectric/triangular sensors. *Thin Solid Films*. 2025. V. 810. P.140601.
- 7. Shepotko Y.M., Petrushenko S.I., Fijalkowski M., Adach K., Fedonenko D., Dukarov S.V., Sukhov V.M., Khrypunova A.L., Klochko N.P. Low-temperature, highly sensitive ammonia sensors based on nanostructured copper iodide layers. *Chemosensors*. 2025. V. 13. P. 29.
- 8. Shepotko Y., Petrushenko S., Adach K., Fijalkowski M., Dukarov S., Sukhov V., Fedonenko D., Khrypunova A., Klochko N. Sulfur-doped nanostructured copper iodide films for chemiresistive ammonia sensors analyzing exhaled breath. *Physica Status Solidi. A*. 2025. P. 202400966.
- 9. Shepotko Y.M., Fedonenko D., Petrushenko S.I., Adach K., Fijalkowski M., Dukarov S.V., Sukhov R.V., Khrypunova A.L., Klochko N.P. Nanostructured copper iodide film in a multifunctional flexible device for ultraviolet photodetection and ammonia monitoring. *Ukr. J. Phys.* 2025. V. 70. No. 6. P. 406-421.
- Опубліковані праці апробаційного характеру:
- 10. Shepotko E.M., Klochko N.P., Klepikova K.S., Kopach V.R., Kirichenko M.V., Khrypunova A.L., Barbash V.A., Yakymenko O.S., Yashchenko O.V., Petrushenko S.I., Dukarov S.V., Sukhov V.M. Flexible textile thermoelectric materials with CuI nanostructured films deposited on composites of nanocellulose and polyester fabric. *Conference Proceedings. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPI Week)*. (October 03 – 07, 2022; Kharkiv, Ukraine.) – P. 70-75.
- 11. Шепотько Є., Петрушенко С., Невгасимов О. Термоелектричний текстиль на основі наноструктурованих плівок йодиду міді. Тези доповідей Міжнародної конференції студентів і молодих науковців з теоретичної та експериментальної фізики ЄВРИКА-2022. Львів, 18-20 жовтня 2022. С. А1.
- 12. Шепотько Є.М., Копач В.Р., Клочко Н.П., Петрушенко С.І., Дукаров С.В., Сухов В.М., Хрипунова А.Л. Використання спонтанного градієнта температур в термоелектричному наногенераторі із тонкими плівками йодиду міді. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2023, 17-20 травня 2023 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 449.

- 13. Шепотько Є.М., Клочко Н.П., Барбаш В.А., Копач В.Р., Ященко О.В., Петрушенко С.І., Дукаров С.В., Сухов В.М., Хрипунова А.Л. Біорозкладні гнучкі покриття на основі йодиду міді і наноцелюлози для захисту від ультрафіолетового випромінювання. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2023, 17-20 травня 2023 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 448.
- 14. Shepotko E.M., Klochko N.P., Kopach V.R., Petrushenko S.I., Dukarov S.V., Sukhov V.M., Khrypunova A.L. Copper-enriched nanostructured conductive thermoelectric copper (I) iodide films obtained by chemical solution deposition on flexible substrates. 9-та Українська наукова конференція з фізики напівпровідників. Матеріали конференції. (22-26 травня, 2023; Ужгород, Україна) – Р. 239-240.
- 15. Shepotko Y., Fedonenko A., Petrushenko S., Adach K., Kopach V., Klochko N. Wide band gap nanostructured marshite and digenite films deposited by automatic SILAR method. 2024 IEEE 5rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPI Week). (October 07 – 10, 2024; Kharkiv, Ukraine.) P.14-18.
- 16. Shepotko Y., Klochko N., Petrushenko S., Adach K., Fijalkovski M., Kopach V., Dukarov S., Sukhov V. Automatic successive ionic layer adsorption and reaction method for deposition of nanostructured zinc oxide arrays on carbon fabric. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 480.
- 17. Shepotko Y., Kopach V., Petrushenko S., Adach K., Fijalkovski M., Klochko N., Sukhov V., Dukarov S. Modes of microwave hydrothermal method for growing zinc oxide nanorods and nanotubes. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2024, 22-25 травня 2024 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 481.
- 18. Шепотько Є.М., Клочко Н.П., Петрушенко С.І., Дукаров С.В., Сухов В.М. Біосумісний нанокompatитний термоелектричний текстиль на основі вбудованих у поліестерові волокна наноструктур оксиду цинку. Міжнародна науково-технічна конф. “Сучасні полімерні матеріали та композити: одержання, переробка та дослідження”: тези доповідей I Міжнародної науково-технічної конференції, 18-19 березня 2025 р. / укл. Лебедев В.В. – Харків, НТУ «ХПІ». – 66 с. С. 10.
- 19. Shepotko Y., Klochko N., Petrushenko S., Adach K., Fijalkowski M., Dukarov S., Sukhov V.. Thin-film flexible thermoelectric module with nanostructured zinc oxide array on a polyimide substrate. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXXIII міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». – С. 602.
- Патент України на корисну модель
- 20. Клочко Н.П., Копач В.Р., Шепотько Є.М., Петрушенко С.І., Дукаров С.В., Сухов В.М. Спосіб виготовлення текстильного п'єзоелектричного/трибоелектричного наногенератора із двохелектродною сандвічевою конструкцією. Патент на корисну модель № 159678. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 26.06.2025. Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня 25.06.2025, Бюл. № 26.

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

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

Охоронні документи на ОПВ:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

Клочко Н.П., Копач В.Р., Шепотько Є.М., Петрушенко С.І., Дукаров С.В., Сухов В.М. Спосіб виготовлення текстильного п'єзоелектричного/трибоелектричного наногенератора із двохелектродною сандвічевою

конструкцією. Патент на корисну модель № 159678. Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 26.06.2025. Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня 25.06.2025, Бюл. № 26.

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 2025.06/0063

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Клочко Наталя Петрівна

2. Natalya Klochko

Кваліфікація: к. т. н., с.н.с., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0852-4373

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, 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. Чугай Олег Миколайович

2. Oleg M. Chugai

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.03.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2857-6592

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Манька Вадима, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Трусова Валерія Михайлівна
2. Valeriia M. Trusova

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 03.00.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7087-071X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дроздов Антон Миколайович
2. Anton M. Drozdov

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0818-1809

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Доброжан Андрій Ігорович
2. Andrii I. Dobrozhan

Кваліфікація: к.т.н., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8830-0942

Додаткова інформація:

