

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001811

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 20-05-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Рокоманюк Марія Василівна

2. Mariya V. Rokomanyuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0942-856X

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 152

Назва наукової спеціальності: Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Галузь / галузі знань: автоматизація та приладобудування

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: 152 - Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

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 9160

**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:** 90.27.32

**Тема дисертації:**

1. Розроблення чутливих елементів перетворювачів температури на основі новітніх термометричних матеріалів
2. Development of sensitive elements of temperature converters based on the latest thermometric materials

**Реферат:**

1. Рокоманюк М.В. Розроблення чутливих елементів перетворювачів температури на основі новітніх термометричних матеріалів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка (галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування). – Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2025. Дисертаційна робота присвячена розвитку нових засобів температурних вимірювань та методів моделювання їхніх метрологічних властивостей (зокрема, функцій перетворення) шляхом застосування для виготовлення чутливих елементів термоперетворювачів опору та термоелектричних перетворювачів новітніх термометричних матеріалів з покращеними метрологічними та експлуатаційними характеристиками. Температура є одним із ключових параметрів в сучасних наукових та промислових галузях, охоплює широкий діапазон вимірювання та технологічних потреб. З розвитком різноманітних сфер виробництва та автоматизованих систем керування

зростають вимоги до термометрії в царині підвищення метрологічної достовірності температурних вимірювань, зокрема, вимірювання наднизьких температур з високою точністю. Все більшої актуальності набуває контроль температурних параметрів у складних і специфічних умовах, таких як космічний простір, ядерна енергетика, хімічна та металургійна промисловості. Щоб задовольнити ці зростаючі вимоги необхідно постійно вдосконалювати як методи, так і засоби термометрії. Тому розвиток засобів температурних вимірювань є вкрай актуальним, оскільки розширення діапазону вимірювання температур та підвищення чутливості є ключовим завданням сучасної метрології, а удосконалення методів моделювання метрологічних властивостей сприяє глибшому розумінню термодинамічних процесів. У вступі обґрунтовано необхідність і актуальність дисертаційного дослідження, зазначено предмет та об'єкт дослідження, методологію дослідження, а також сформульовано мету, основні завдання, наукову новизну та наведено практичне значення отриманих результатів. Відзначено особистий внесок здобувача, надано інформацію про публікації та апробацію основних результатів дисертаційного дослідження та подано відомості про їх впровадження, зазначено структуру роботи. В першому розділі виконано огляд існуючих методів та засобів температурних вимірювань із використанням термоелектричних перетворювачів та термоперетворювачів опору на основі чутливих елементів, виготовлених з напівпровідникових матеріалів. Розглянуто їхні експлуатаційні особливості, метрологічні характеристики, а також переваги та обмеження у використанні. Застосування сучасних методів моделювання їхніх функцій перетворення, структура яких залишається незмінною, дозволяє забезпечити високу метрологічну надійність і стабільність вимірювань у широкому температурному діапазоні. У другому розділі описано теоретичні та експериментальні методи дослідження, що використані в роботі. Моделювання властивостей чутливих елементів термоперетворювачів передбачає розрахунок структурних, термодинамічних, енергетичних, електрокінетичних та магнітних властивостей новітніх термометричних матеріалів. Це передбачає розрахунок розподілу густини електронних станів (density of states, далі DOS), функції локалізації електрона (ELF), заселеності електронних орбіталей термометричного матеріалу (COOP) тощо. Застосування сучасних методів дослідження забезпечило високу точність, обґрунтованість та достовірність отриманих результатів. У третьому розділі наведені результати моделювання та експериментальні дослідження чутливих елементів перетворювачів температури на основі новітніх термометричних матеріалів, отриманих легуванням базової сполуки  $TiCoSb$  атомами  $Sc$ ,  $Mo$ ,  $Mn$ . Представлено результати досліджень чутливих елементів на основі термометричних матеріалів  $Ti_{1-x}Sc_xCoSb$ ,  $Ti_{1-x}Mo_xCoSb$  та  $TiCo_{1-x}Mn_xSb$ . За результатами дослідження встановлено, що після 21 термоциклу значення температури, отримані з вимірювань електроопору та термо-ерс чутливих елементів перетворювачів, є стабільними у межах  $\pm 0,045$  К, що вказує на перспективність їх застосування в галузі термометрії. У четвертому розділі представлено результати дослідження реалізації та термометричні характеристики окремих чутливих елементів перетворювачів температури, що виготовлені на основі термометричних матеріалів  $Ti_{1-x}Sc_xCoSb$ ,  $Ti_{1-x}Mo_xCoSb$  та  $TiCo_{1-x}Mn_xSb$ .

2. Rokomanyuk M.V. Development of sensitive elements of temperature converters based on the latest thermometric materials - Qualification scientific work on the rights of a manuscript. Dissertation for the degree of Philosophy Doctor in speciality 152 Metrology and Information and Measuring Technology (field of knowledge 15 Automation and Instrumentation). - Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv Polytechnic National University, Lviv, 2025. The thesis is devoted to the development of new temperature measuring instruments and methods of modelling their metrological properties (in particular, transformation functions) by using the latest thermometric materials with improved metrological and operational characteristics for the manufacture of sensitive elements of resistance and thermoelectric transducers. Temperature is one of the key parameters in modern scientific and industrial fields, covering a wide range of measurement and process needs. With the development of various production areas and automated control systems, the requirements for thermometry to improve the metrological reliability of temperature measurements, in particular, to measure ultra-low temperatures with high accuracy, are increasing. Temperature control in complex and specific environments, such as outer space, nuclear power, chemical and metallurgical industries, is becoming increasingly important. To meet these growing demands, both thermometry methods and tools need to be constantly improved. Therefore, the

development of temperature measurement tools is extremely important, as expanding the temperature measurement range and increasing sensitivity is a key task of modern metrology, and improving methods for modelling metrological properties contributes to a deeper understanding of thermodynamic processes. The introduction substantiates the necessity and relevance of the dissertation research, indicates the subject and object of the study, the research methodology, and formulates the purpose, main tasks, scientific novelty, and provides the practical significance of the results obtained. The personal contribution of the applicant is noted, information on publications and testing of the main results of the dissertation research is provided, and information on their implementation is given, as well as the structure of the work. The first section reviews existing methods and means of temperature measurements using thermoelectric and resistance thermocouples based on sensing elements made of semiconductor materials. Their operational features, metrological characteristics, as well as advantages and limitations in use are considered. The use of modern methods of modelling their transformation functions, the structure of which remains unchanged, allows to ensure high metrological reliability and stability of measurements in a wide temperature range. The second section describes the theoretical and experimental methods used in this work. Modelling the properties of thermocouple sensors involves calculating the structural, thermodynamic, energy, electrokinetic, and magnetic properties of the latest thermometric materials. This involves calculating the distribution of the density of states (DOS), the electron localisation function (ELF), the occupancy of electron orbitals of the thermometric material (COOP), etc. The use of modern research methods ensured high accuracy, validity and reliability of the results obtained. Section 3 presents the results of modelling and experimental studies of the sensing elements of temperature transducers based on the latest thermometric materials obtained by doping the basic TiCoSb compound with Sc, Mo, and Mn atoms. The results of studies of sensing elements based on the thermometric materials  $Ti_{1-x}Sc_xCoSb$ ,  $Ti_{1-x}Mo_xCoSb$  and  $TiCo_{1-x}Mn_xSb$  are presented. The results of the study show that after 21 thermal cycles, the temperature values obtained from measurements of electrical resistance and thermoelectricity of the transducer sensing elements are stable within  $\pm 0.045$  K, which indicates the prospects of their application in the field of thermometry. Chapter 4 presents the results of the study of the implementation and thermometric characteristics of individual sensing elements of temperature converters made on the basis of thermometric materials  $Ti_{1-x}Sc_xCoSb$ ,  $Ti_{1-x}Mo_xCoSb$ , and  $TiCo_{1-x}Mn_xSb$ .

### **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:** Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

### **Публікації:**

- Features of structural, energy, electrokinetic and magnetic characteristics of  $Ti_{1-x}Sc_xCoSb$  thermoelectric material / V. Romaka, Y. V. Stadnyk, L. P. Romaka, V. Krayovskyy, V. Romaka, A. Horyn, M. B. Konyk, I. M. Romaniv, M. Rokomanyuk // Термоелектрика = Journal of Thermoelectricity. 2019. № 1. С. 25–41.
- Investigation of  $Ti_{1-x}Mo_xCoSb$  semiconducting solid solution / Y. V. Stadnyk, V. Romaka, A. Horyn, V. Krayovskyy, I. Romaniv, M. Rokomanyuk // Фізика і хімія твердого тіла = Physics and Chemistry of Solid State. 2020. Т. 21, № 1. С. 73–81.
- Experimental study of the Y-Cu-Ge system at 870 K / M. Konyk, L. Romaka, P. Demchenko, V. Romaka, V. Krayovskyy, M. Rokomanyuk // Chemistry & Chemical Technology. 2020. Vol. 14, № 2. – P. 177–184.

- Дослідження кінетичних характеристик чутливих елементів термоперетворювачів на основі  $Ti_{1-x}MoxCoSb$  / В. Я. Крайовський, М. В. Рокоманюк, В. А. Ромака, Ю. В. Стадник, Л. П. Ромака, А. Горинь // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідом. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 80, №3. С. 28–33
- Дослідження термометричного матеріалу  $Ti_{1-x}Sc_xCoSb$ . Кінетичні, енергетичні та магнітні характеристики / В. Я. Крайовський, М. В. Рокоманюк, В. Ромака, Ю. В. Стадник, Л. Ромака, А. Горинь // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідом. наук.-техн. зб. 2019. Вип. 80, № 4. С. 16–22.
- Investigation of thermometric material  $Ti_{1-x}Sc_xCoSb$ . Modeling of characteristics / V. Krayovskyy, M. Rokomanyuk, V. Romaka, A. Horpenuk, Y. Stadnyk, L. Romaka, A. Horyn // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідом. наук.-техн. зб. 2020. Вип. 81, №1. С. 9–15.
- Дослідження напівпровідникового твердого розчину  $TiNi_{1-x}Rh_xSn$  / Ю. В. Стадник, Л. П. Ромака, В. А. Ромака, В. Я. Крайовський, А. М. Горинь, М. В. Рокоманюк // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. 2020. Вип. 61, ч. 1. С. 114–124.
- Kinetic and energetic performances of thermometric material  $TiCo_{1-x}Mn_xSb$ : modelling and experiment / V. Krayovskyy, V. Pashkevych, M. Rokomanyuk, P. Garanuk, V. Romaka, Y. Stadnyk, L. Romaka, A. Horyn // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідом. наук.-техн. зб. 2021. Вип. 82, № 1. С. 19–25.
- Енергетичні та електрокінетичні характеристики напівпровідникового твердого розчину  $TiCo_{1-x}Mn_xSb$  / Ю. В. Стадник, Л. П. Ромака, В. А. Ромака, М. Б. Коник, В. З. Пашкевич, А. М. Горинь, М. В. Рокоманюк // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. 2021. Вип. 62. С. 88–98.
- Studies of thermometric material  $Lu_{1-x}Zr_xNiSb$  / V. Pashkevych, V. Krayovskyy, M. Rokomanyuk, P. Garanuk, V. Romaka, Y. Stadnyk, L. Romaka, A. Horyn, D. Fruchart // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідом. наук.-техн. зб. 2022. Вип. 83, № 1. С. 10–16.
- Особливості моделювання характеристик термометричного матеріалу  $Er_{1-x}Sc_xNiSb$  / В. З. Пашкевич, П. І. Гаранюк, Ю. В. Стадник, В. А. Ромака, М. В. Рокоманюк, Л. П. Ромака, А. М. Горинь // Комп'ютерні технології друкарства. 2022. № 1 (47). С. 191–199.
- Sensitive elements of temperature converters based on  $HfNi_{1-x}Cu_xSn$  thermometrical material / V. Krayovskyy, M. Rokomanyuk, N. Lujetska, V. Pashkevych, V. Romaka, Y. Stadnyk, L. Romaka, A. Horyn // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідом. наук.-техн. зб. 2023. Vol. 84, № 1. Р. 11–17.
- Особливості структурних та електрокінетичних властивостей твердого розчину  $HfNi_{1-x}Cu_xSn$  / А. Горинь, Л. Ромака, Ю. Стадник, В. А. Ромака, В. З. Пашкевич, М. В. Рокоманюк // Вісник Львівського університету. Серія хімічна. 2023. Вип. 64. С. 128–135.

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

**Соціально-економічна спрямованість:**

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впровадження не планується

**Зв'язок з науковими темами:** 0120U100693

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Крайовський Володимир Ярославович

2. Volodymyr Y. Krayovskyy

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 05.11.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**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. Іванов Сергій Олександрович

2. Serhii O. Ivanov

**Кваліфікація:** к. т. н., старший науковий співробітник, 05.11.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-2722-7323

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 05417118

**Місцезнаходження:** вул. Марії Капніст, буд. 2-а, Київ, 03057, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Ковтун Світлана Іванівна

2. Svitlana I. Kovtun

**Кваліфікація:** д.т.н., с.д., 05.11.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6596-3460

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут загальної енергетики Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 04589627

**Місцезнаходження:** вул. Антоновича, буд. 172, Київ, 03150, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## **Рецензенти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Скоропад Пилип Ізидорович
2. Pylyp I. Skoropad

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.11.04

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-3559-6580

**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. Гоц Наталія Євгенівна
2. Nataliia Y. Hots

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.01.02

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2666-2187

**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**

Прохоренко Сергій Вікторович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові**  
**головуючого на засіданні**

Прохоренко Сергій Вікторович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

**Реєстратор**

Гонсьор Оксана Йосипівна

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна