

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001471

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-05-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Колковська Галина Миколаївна

2. Halyna M. Kolkovska

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-2010-8237

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: Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 19-06-2025

Спеціальність за освітою: Фізика та астрономія

Місце роботи здобувача: Тисменицький ліцей Тисменицької міської ради

Код за ЄДРПОУ: 20562728

Місцезнаходження: вул. Липова, Тисмениця, Тисменицький р-н., 77443, Україна

Форма власності: Комунальна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 140

Повне найменування юридичної особи: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, 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: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 31.15.33

Тема дисертації:

1. Синтез, структура та електрохімічні властивості наночастинок (La,Sr)MnO₃ зі структурою перовськіту.
2. Synthesis, Structure, and Electrochemical Properties of (La,Sr)MnO₃ Nanoparticles with a Perovskite Structure.

Реферат:

1. Об'єкт дослідження: процеси структуроформування в перовськітних мате-ріалах (La,Sr)MnO₃ при їх отриманні методами хімічного синтезу із розчинів та процеси накопичення заряду в електрохімічних системах, сформованих на їх основі. Метою дисертації є встановлення взаємозв'язків між методами отримання і структурно-морфологічними характеристиками матеріалів (La,Sr)MnO₃ перовськітної структури, та питомими ємнісними параметрами електрохімічних конденсаторів сформованих на їх основі; з'ясування особливостей перебігу електрохімічних процесів в конденсаторах, сформованих на основі матеріалів зі структурою перовськіту та вуглецевих матеріалів. Опис методології/методики дослідження: Для досягнення мети поставлених задач використовувалися взаємодоповнювальні методи, а саме: X-променева дифрактометрія, скануюча електронна мікроскопія, адсорбційна порометрія, імпедансна спектроскопія, циклічна вольтамперометрія, гальваностатичний заряд/розряд, засоби візуалізації та

математичної обробки експериментальних даних. Спеціальні інструменти та апаратура: сорбметр Quantachrome Nova 2200e, скануючий електронний мікроскоп JSM-7600F, X-променеві дифрактометри ДРОН-3 та Shimadzu XRD-7000, імпедансний спектрометр Autolab PGSTAT 12/FRA-2, ультразвуковий диспергатор УЗДН-А. Програмне забезпечення, яке використовувалось під час опрацювання отриманих даних або для проведення дослідження: Quantachrome NovaWin 11.0., Match, FullProf, 12/FRA-2, MS Excel 2016, OriginPro 8.5. Теоретичні і практичні результати: результати дисертації можуть бути основою для подальших наукових досліджень та розробки нових електродних матеріалів на основі заміщених перовськітних матеріалів, задля збільшення електрохімічних показників пристроїв накопичення та зберігання енергії. Результати дисертації можуть мати важливий внесок у розвиток нових енергоефективних технологій, знизити вартість та підвищити ефективність пристроїв накопичення та зберігання енергії. Представлені в роботі підходи та методи можуть бути використані (і вже частково використовуються) при навчанні студентів природничих та технічних спеціальностей. Новизна: Вперше встановлено вплив рН середовища на формування морфології наночастинок LaMnO_3 , отриманих золь-гель методом, зокрема виявлено, що синтез у лужному середовищі (рН 9) призводить до утворення коралоподібної структури з частинками розміром 40-60 нм та дрібніших агломерованих частинок (15-25 нм) з підвищеною питомою поверхнею, що позитивно впливає на їхні електрохімічні властивості. Експериментально доведено, що метод Печіні забезпечує утворення наноструктурованих матеріалів $(\text{La,Sr})\text{MnO}_3$ зі структурою перовськіту з кращими морфологічними та електрохімічними характеристиками, порівняно з матеріалами, отриманими золь-гель методом. Зокрема, зразки, синтезовані методом Печіні, мають менші розміри частинок, вищу питому поверхню та нижчу ступінь агломерації. Вперше досліджено електрохімічні характеристики наночастинок LaMnO_3 та $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$, синтезованих різними методами, в електролітах на основі KOH та Li_2SO_4 . Встановлено, що зразки, отримані методом Печіні, мають підвищену питому ємність (до 85 Ф/г для LaMnO_3 і до 118 Ф/г для $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ в KOH електроліті) завдяки їхній морфології та змішаному валентному стану $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$. Вперше реалізовано створення гібридних електрохімічних конденсаторів на основі наночастинок $(\text{La,Sr})\text{MnO}_3$ як анодного компонента та пористого вуглецевого матеріалу як катода. Досягнуто максимального значення питомої ємності 165 Ф/г при використанні $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ (PC), що свідчить про ефективність таких матеріалів для застосувань у пристроях накопичення енергії. Встановлено вплив йонного заміщення La^{3+} на Sr^{2+} у кристалічній ґратці LaMnO_3 на електрофізичні властивості наноматеріалів. Показано, що така заміна сприяє утворенню змішаного валентного стану $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$ і покращує електропровідність за рахунок механізму подвійного обміну, що суттєво підвищує електрохімічну ємність композитів. Ефективність впровадження: отримані матеріали мають перспективу використання у пристроях генерації та накопичення електричної енергії. Галузь використання: енергетика, електроніка, матеріалознавство.

2. The object of the research is the processes of structure formation in perovskite materials $(\text{La,Sr})\text{MnO}_n$ during their synthesis by chemical solution methods, as well as the charge accumulation processes in electrochemical systems based on these materials. The aim of the dissertation is to establish the relationships between the synthesis methods and the structural-morphological characteristics of $(\text{La,Sr})\text{MnO}_n$ perovskite-structured materials, as well as the specific capacitance parameters of electrochemical capacitors based on these materials, and to identify the features of electrochemical processes occurring in capacitors composed of perovskite-structured and carbon-based materials. The research methodology involves the use of a set of complementary methods to achieve the objectives of the study, including X-ray diffraction, scanning electron microscopy, adsorption porometry, impedance spectroscopy, cyclic voltammetry, galvanostatic charge/discharge analysis, and tools for data visualization and mathematical processing of experimental results. The special instruments and equipment used include the Quantachrome Nova 2200e sorptometer, JSM-7600F scanning electron microscope, DRON-3 and Shimadzu XRD-7000 X-ray diffractometers, Autolab PGSTAT 12/FRA-2 impedance spectrometer, and UZDN-A ultrasonic disperser. Software used for data processing and research: Quantachrome NovaWin 11.0, Match, FullProf, 12/FRA-2, MS Excel 2016, OriginPro 8.5. Theoretical and practical results is the results of the dissertation can serve as a foundation for further scientific research and the development of new electrode

materials based on substituted perovskite materials, aimed at improving the electrochemical performance of energy storage and accumulation devices. The findings may significantly contribute to the advancement of new energy-efficient technologies, reduce costs, and enhance the efficiency of energy storage systems. The approaches and methods presented in this work can be applied—and are already partially being implemented—in the education of students in the natural and technical sciences. Novelty: For the first time, the influence of the pH of the medium on the morphology formation of LaMnO₃ nanoparticles synthesized via the sol-gel method was established. It was found that synthesis in an alkaline medium (pH 9) leads to the formation of a coral-like structure with particles sized 40–60 nm and smaller agglomerated particles (15–25 nm) with increased specific surface area, which positively affects their electrochemical properties. It was experimentally proven that the Pechini method yields nanostructured (La,Sr)MnO₃ materials with a perovskite structure exhibiting superior morphological and electrochemical characteristics compared to those obtained via the sol-gel method. In particular, Pechini-synthesized samples have smaller particle sizes, higher specific surface area, and a lower degree of agglomeration. For the first time, the electrochemical properties of LaMnO₃ and La_{0,7}Sr_{0,3}MnO₃ nanoparticles synthesized by different methods were studied in KOH and Li₂SO₄-based electrolytes. It was shown that samples obtained via the Pechini method exhibit increased specific capacitance (up to 85 F/g for LaMnO₃ and up to 118 F/g for La_{0,7}Sr_{0,3}MnO₃ in KOH electrolyte) due to their morphology and the mixed Mn³⁺/Mn⁴⁺ valence state. Hybrid electrochemical capacitors were developed for the first time using (La,Sr)MnO₃ nanoparticles as the anode material and porous carbon as the cathode. A maximum specific capacitance of 165 F/g was achieved with La_{0,7}Sr_{0,3}MnO₃ (PC), demonstrating the effectiveness of these materials for energy storage applications. The effect of ionic substitution of La³⁺ by Sr²⁺ in the LaMnO₃ crystal lattice on the electrophysical properties of nanomaterials was established. It was shown that such substitution promotes the formation of a mixed Mn³⁺/Mn⁴⁺ valence state and enhances electrical conductivity via the double exchange mechanism, significantly increasing the electrochemical capacitance of the composites. Implementation efficiency is the obtained materials show promising potential for use in devices for the generation and storage of electrical energy. Fields of application is energy, electronics, materials science.

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: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- 1. Ostafiychuk, B.K., Kolkovska, H.M., Yaremiy, I.P., Rachiy, B.I., Kolkovskyi, P.I., Ivanichok, N.Y., Yaremiy, S.I. (2020). Synthesis and Electrochemical Properties of LaMnO₃ Perovskite Nanoparticles. *Physics and Chemistry of Solid State* 21 (2), 219–226. DOI: <https://doi.org/10.15330/pcss.21.2.219-226> URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85090687539&origin=resultslist> ISSN: 17294428
- 2. Kolkovska, H.M., Rachiy, B.I., Kolkovskyi, P.I., Yaremiy, I.P., Ivanichok, N.Ya., Lisovskiy, R.P., Ilnytskyi, N.R. (2021). Mechanisms of charge accumulation of the electrochemical system LaMnO₃ / AC. *Physics and Chemistry of Solid State* 22 (4), 644–654. DOI: <https://doi.org/10.15330/pcss.22.4.644-654> URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85122070384&origin=resultslist> ISSN: 17294428
- 3. Kolkovskyi, P., Rachiy, B., Ostafiychuk, B., Kolkovska, H., Lisovskiy, R., Vyshnevskiy, O. (2022). Synthesis and Electrochemical Properties of \square and \square Modifications of MnO₂ for Supercapacitors Application. *Journal of Nano Research* 71, 111–120. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JNanoR.71.111> URL:<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85124566502&origin=resultslist> ISSN:

16625250

- 4. Kolkovska, H. M., Yaremiy, I. P., Kolkovskyi, P. I., Sklepova, S. V., Rachiy, B. I., Belous, A. G., Halushchak, M. O. (2022). Electrochemical Properties of Hybrid Supercapacitors Formed Based on Carbon and ABO₃-Type Perovskite Materials. Journal of Nano- and Electronic Physics 14 (1), 01020-1 - 01020-6. DOI: [https://doi.org/10.21272/jnep.14\(1\).01020](https://doi.org/10.21272/jnep.14(1).01020) URL: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85126606245&origin=resultslist> ISSN: 20776772

Наукова (науково-технічна) продукція: матеріали; технології

Соціально-економічна спрямованість: вдосконалення електродних матеріалів для пристроїв накопичення і зберігання електричної енергії

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: проєкт НАТО по програмі «Science for Peace and Security Programme» НАТО G6166 «Довговічні та ефективні нанотехнологічні паливні елементи (URANUS)»

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яремій Іван Петрович
2. Ivan P. Yaremiy

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.18

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8549-1173

Додаткова інформація: Scopus Author Identifier 23494435000; Web of Science Researcher ID ABE-4475-2020

Повне найменування юридичної особи: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, 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. Іващишин Федір Олегович
2. Fedir O. Ivashchyshyn

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6919-5841

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 39261591700; Web of Science ResearcherID: R-4104-2017

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. Яворський Юрій Васильович

2. Yurii V. Yavorskyi

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1814-6844

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 57205272467

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мандзюк Володимир Ігорович

2. Volodymyr I. Mandzyuk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.18

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6020-7722

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 8263977400; ResearcherID: ABE-3011-2020

Повне найменування юридичної особи: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Яблонь Любов Степанівна

2. Liubov S. Yablon

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.18

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3186-6969

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6505860933; Web of Science ResearcherID: 18044012

Повне найменування юридичної особи: Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

Код за ЄДРПОУ: 02125266

Місцезнаходження: вул. Шевченка, буд. 57, Івано-Франківськ, 76018, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Ільницький Роман Васильович

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

Ільницький Роман Васильович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Альнікіна Наталія Петрівна

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна