

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

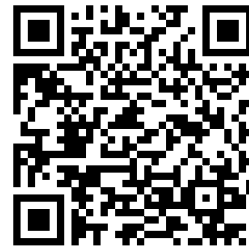
Державний обліковий номер: 0824U001079

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 29-02-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шевченко Станіслав Тарасович

2. Stanislav Shevchenko

Кваліфікація: 105

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: 20725 прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 05-03-2024

Спеціальність за освітою: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Місце роботи здобувача: Приватне акціонерне товариство "Національна енергетична компанія "Укренерго"

Код за ЄДРПОУ: 00100227

Місцезнаходження: вул. Симона Петлюри, 25, Київ, 01032, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** 4666

**Повне найменування юридичної особи:** Сумський державний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 05408289

**Місцезнаходження:** вул. Римського-Корсакова, буд. 2, Суми, Сумський р-н., 40007, 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:** Сумський державний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 05408289

**Місцезнаходження:** вул. Римського-Корсакова, буд. 2, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 29.41.01

**Тема дисертації:**

1. Структурно-морфологічні характеристики та електрофізичні властивості пористих конденсатів Zn, Ni, Cu і їх оксидів в поєднанні з C і Si
2. Structural and morphological characteristics and electrophysical properties of porous condensates of Zn, Ni, Cu and their oxides in a combination of C and Si

**Реферат:**

1. В даній роботі на основі універсального технологічного підходу, основою якого є конденсація пари з малим відносним перенасиченням, були отримані пористі мікро- та наноситеми Zn і Cu, які в подальшому були використані, як прекурсори для отримання шару пористого турбостатного пористого графіту, а також пористих систем NiO, ZnO та Si. У літературному огляді дисертаційної роботи описані особливості використання різних типів матеріалів у якості анодів для літій-іонних акумуляторів. Аналіз літературних джерел показав, що широко вживаний в якості електродів графіт дозволяє інтеркалювати тільки один іон літію в шість атомів вуглецю, що відповідає теоретичній еквівалентній ємності 372 Агод/кг. Окрім цього, швидкість дифузії літію в вуглецевому матеріалі становить від 10<sup>-12</sup> до 10<sup>-6</sup> см<sup>2</sup>/с (для графіту вона знаходиться в межах 10<sup>-9</sup> – 10<sup>-7</sup> см<sup>2</sup>/с), що створює передумови для низької потужності ЛІА. Отже, існує нагальна потреба замінити графітні аноди, або удосконалити їх структуру з метою підвищення ємності та

питомої потужності, які також можуть забезпечити високу продуктивність і полегшити дифузію Li-іонів в анод при збереженні відтворюваних циклів. Також за теоретичними розрахунками відомо, що ZnO, як анодний матеріал має ємність 978 Агод/кг. При цьому аналіз літератури показує, що значну перспективу використання в якості ефективних електродів також мають пористий кремній та NiO. У другому розділі описані технологічні підходи отримання пористих мікро- та наносистем на різних типах підкладок, а також наведено принцип роботи розробленої установки. Оскільки формування пористих систем металів можливе тільки за умови використання високочистого інертного середовища (Ar), в роботі значна увага була акцентована на очищенні аргону від хімічно активних газових домішок. У зв'язку з цим використовували вакуумну робочу камеру установки ВСА-350 разом з системою тонкого очищення інертних газів. Для отримання пористого турбостатного графіту з різними морфологічними характеристиками був використаний розроблений і запатентований технологічний підхід близько-рівноважної конденсації в пустотілому катоді. При цьому в якості робочого газового середовища була використана пара ацетону. Було продемонстровано, що селективність просторового розподілу зародження та росту стовпчастих графітових структур визначається флуктуацією напруженості електричного поля над поверхнею росту. Виходячи з того, що при створенні ЛІА та газових сенсорів, як правило, використовувалися багат шарові системи, виникла необхідність вирішення проблем адгезії та когезії конденсатів. В роботі проблеми адгезії та когезії вирішувалися трьома способами. Перший з них полягав в використанні підкладок з лабораторного скла та ситалу з неpolірованою шорсткою поверхнею. Проблеми адгезії і когезії також вирішувалися завдяки використанню хромових прошарків, а третій варіант вирішення проблеми когезії при формуванні композитів вирішувався градієнтним переходом від одного прошарку до іншого. Третій розділ містить інформацію про наносистеми на основі Zn, ZnO та ZnO/NiO для використання останніх в якості активних елементів газових сенсорів. Формування пористих наносистем ZnO/NiO представлено в роботі у вигляді трьох етапів: а) за умови конденсації пари цинку з наднизьким пересиченням проводилося формування наносистем у вигляді пов'язаних між собою нанониток; б) окислення на отриманих наносистемах Zn; в) нанесення на отримані наносистеми ZnO реактивним методом плівки NiO. При цьому в якості електродів були використані стійкі до окислення ІТО-плівки, які по відношенню до наносистем ZnO мали омічний характер. Сенсорні властивості досліджувалися по відношенню до метану та метанолу, а тип зазначених реагентів визначався за допомогою встановлення змін характеру вольт-амперних характеристик (ВАХ) з залученням автоматизованих систем та при використанні комерційного програмного забезпечення LabView. При цьому характерні зміни ВАХ при переході від метанолу до метану вказують на фрактально-перколяційний характер наносистем ZnO/NiO та на можливість розпізнавання різних реагентів. В четвертому заключному розділі були досліджені структурно-морфологічні характеристики та результати використання в якості електродів ЛІА таких пористих наносистем, як ZnO, Zn/ZnO, Zn/C, Ni/C, Si та Cu/Si+W. Дослідження циклів заряду-розряду з використанням пористих наносистем на основі ZnO, Zn/ZnO, як електродів та розчинників LiPF<sub>6</sub> і LiBF<sub>4</sub>, показують, що залежно від структурно-морфологічних характеристик, елементного складу та кількості циклів, коефіцієнт ємності батареї варіюється від 800 до 218 Агод/кг. Приведені дослідження щодо структурно-морфологічних характеристик пористих наносистем кремнію. Порівняльний аналіз роботи електродів на основі систем Cu/Si та Cu/Si+W дозволив зробити висновок про більш низьку стійкість до окислення кремнію без добавки вольфрама і, як наслідок, значно вищі ємності (320 Агод/кг) електродів на основі Cu/Si+W.

2. In this work, on the basis of a universal technological approach, the basis of which is the condensation of steam with low relative supersaturation, porous micro- and nanosites of Zn and Cu were obtained, which were subsequently used as precursors for obtaining a layer of porous turbostatic porous graphite, as well as porous systems NiO, ZnO and Si. The literature review of the dissertation describes the features of using different types of materials as anodes for lithium-ion batteries. The analysis of literary sources showed that graphite, widely used as electrodes, allows intercalation of only one lithium ion in six carbon atoms, which corresponds to a theoretical equivalent capacity of 372 Ah/kg. In addition, the diffusion rate of lithium in the carbon material is from 10<sup>-12</sup> to 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/s (for graphite it is in the range of 10<sup>-9</sup> to 10<sup>-7</sup> cm<sup>2</sup>/s), which creates prerequisites for a low power of

LIB. Therefore, there is an urgent need to replace graphite anodes, or to improve their structure in order to increase the capacity and specific power, which can also provide high performance and facilitate the diffusion of Li-ions into the anode while maintaining reproducible cycles. The second chapter describes the technological approaches to obtaining porous micro- and nanosystems on different types of substrates, and also provides the principle of operation of the developed installation. Since the formation of porous metal systems is possible only under the condition of using a highly pure inert medium (Ar), in the work, considerable attention was focused on the purification of argon from chemically active gas impurities. In this regard, a vacuum working chamber of the BSA-350 installation was used together with a fine purification system for inert gases. A developed and patented technological approach of near-equilibrium condensation in a hollow cathode was used to obtain porous turbostratic graphite with different morphological characteristics. At the same time, acetone vapor was used as the working gas medium. It was demonstrated that the selectivity of the spatial distribution of the nucleation and growth of columnar graphite structures is determined by the fluctuation of the electric field intensity over the growth surface. Based on the fact that when creating LIB and gas sensors, as a rule, multilayer systems were used, there was a need to solve the problems of adhesion and cohesion of condensates. In the work, adhesion and cohesion problems were solved in three ways. The first of them consisted in the use of substrates made of laboratory glass and sial with an unpolished rough surface. The problems of adhesion and cohesion were also solved thanks to the use of chrome layers, and the third option for solving the problem of cohesion during the formation of composites was solved by a gradient transition from one layer to another. The third section contains information on nanosystems based on Zn, ZnO and ZnO/NiO for the use of the latter as active elements of gas sensors. The formation of porous ZnO/NiO nanosystems is presented in the work in the form of three stages: a) under the condition of condensation of zinc vapor with ultralow supersaturation, the formation of nanosystems in the form of interconnected nanothreads was carried out; b) oxidation on the obtained Zn nanosystems; c) application of a NiO film on the obtained ZnO nanosystems by the reactive method. At the same time, oxidation-resistant ITO films were used as electrodes, which were ohmic in relation to ZnO nanosystems. The sensory properties were investigated in relation to methane and methanol, and the type of the indicated reagents was determined by determining the changes in the character of the current-voltage characteristics (CVC) with the involvement of automated systems and using the commercial LabView software. At the same time, the characteristic changes of the C-V characteristic during the transition from methanol to methane indicate the fractal-percolation nature of ZnO/NiO nanosystems and the possibility of recognizing different reagents. In the fourth, final chapter, the structural and morphological characteristics and results of using such porous nanosystems as ZnO, Zn/ZnO, Zn/C, Ni/C, Si and Cu/Si+W as LIB electrodes were investigated. Studies of charge-discharge cycles using porous nanosystems based on ZnO, Zn/ZnO as electrodes and solvents LiPF<sub>6</sub> and LiBF<sub>4</sub> show that, depending on the structural and morphological characteristics, elemental composition and number of cycles, the battery capacity factor varies from 800 to 218 Ah/kg. A comparative analysis of the work of electrodes based on the Cu/Si and Cu/Si+W systems allowed us to conclude that silicon based on lower oxidation resistance without the addition of tungsten and, as a result, significantly higher capacities (320:450 Ah/kg) of electrodes based on Cu/Si+W.

**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 транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

## Публікації:

- Kornyushchenko A., Kosminska Y., Shevchenko S., Wilde G., Perekrestov V. Structural, Morphological and Sensor Properties of the Fractal-Percolation Nanosystem ZnO/NiO. Journal of Electronic Materials, 2021. № 50. P. 2268-2276.
- Kornyushchenko A.S., Kosminska Yu.O., Shevchenko S.T., Natalich V.V., Perekrestov V.I. Stages of Cr, Zn, Cu, Si, Ag, and Al Nucleation under Quasi-equilibrium Condensates of Ion-sputtered Atoms. Journal Nano-Electronic Physics, 2021. № 13(2). P. 02034-1 - 02034-6.
- Корнющенко Г.С., Шевченко С.Т., Наталіч В.В., Перекрестов В.І. Фізико-технологічні передумови формування та структурно-морфологічні характеристики композитів С/Zn і С/Ni з вуглецевою турбостратною складовою. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології, 2021. № 19(2). С. 375-389
- Корнющенко Г.С., Шевченко С.Т., Наталіч В.В., Перекрестов В.І. Отримання та структурно-морфологічні характеристики поруватих наносистем Zn/ZnO та Zn/ZnO/NiO. Металофізика та новітні технології, 2021. № 43(5). С. 613-628.

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

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

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впровадження не планується

**Зв'язок з науковими темами:** 0119U100763

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

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Перекрестов В'ячеслав Іванович
2. Vyacheslav Perekrestov

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

**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Сумський державний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 05408289

**Місцезнаходження:** вул. Римського-Корсакова, буд. 2, Суми, Сумський р-н., 40007, 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. Литовченко Сергій Володимирович
2. Serhii Lytovchenko

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 01.04.07**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-3292-5468**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна**Код за ЄДРПОУ:** 02071205**Місцезнаходження:** майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Довбешко Галина Іванівна
2. Galyna Dovbeshko

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., професор, 01.04.07**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-7701-0106**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Інститут фізики Національної академії наук України**Код за ЄДРПОУ:** 05417302**Місцезнаходження:** проспект Науки, буд. 46, Київ, 03680, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Національна академія наук України**Ідентифікатор ROR:****Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Опанасюк Анатолій Сергійович
2. Anatoliy Opanasyuk

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., професор, 01.04.01**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-1888-3935**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Сумський державний університет**Код за ЄДРПОУ:** 05408289

**Місцезнаходження:** вул. Римського-Корсакова, буд. 2, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Однодворець Лариса Валентинівна

2. Larisa Odnodvorets

**Кваліфікація:** д. ф.-м. н., професор, 01.04.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-8112-1933

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Сумський державний університет

**Код за ЄДРПОУ:** 05408289

**Місцезнаходження:** вул. Римського-Корсакова, буд. 2, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

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

Чорноус Анатолій Миколайович

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

Чорноус Анатолій Миколайович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Бойко Антон Олександрович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна