

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0225U000143

Державний реєстраційний номер: 0122U000787

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-01-2025

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 3

Назва етапу: Оптимізація характеристик одержаних плівок. Порівняння властивостей оксидних матеріалів в нанокристалічному та плівковому станах

Початок етапу: 01.2024

Закінчення етапу: 12.2024

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

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

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380542334058

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Міністерство освіти і науки України

Код за ЄДРПОУ: 38621185

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 10, м. Київ, 01135, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380444813221

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - договір (замовлення) з центральним органом виконавчої влади, академією наук (головними розпорядниками бюджетних коштів на проведення НДДКР)

Напрямок фінансування: 2.1 - фундаментальні дослідження

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201040

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 766.400
--

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Керування структурно-фазовим станом наночастинок і плівок нових оксидних матеріалів, нанесених хімічними методами, для потреб гнучкої електроніки і геліоенергетики

Назва роботи англійською:

Control of the structural-phase state of nanoparticles and films of new oxide materials applied by chemical methods for the needs of flexible electronics and solar energy

Реферат українською:

Проект спрямований на створення наукових основ матеріалознавства та розробку низькотемпературної безвакуумної технології синтезу наночастинок і плівок нових оксидних матеріалів (CuOx, Zn₂SnO₄, ZnO:Cu, ZnO:Al(In)), які матимуть задані оптичні та електрофізичні властивості. Для вдосконалення процесів синтезу наночастинок і нанесення плівок за допомогою хімічних методів (друк, розпилення) із використанням наночорнил буде проведено аналіз морфологічних, структурних та оптичних характеристик матеріалів залежно від фізико-хімічних умов нанесення. У ході роботи досліджуватиметься вплив структурно-фазового стану матеріалів і післяростових відпалів на їх структурно-залежні характеристики, визначатиметься хімічний склад наноматеріалів і плівкових структур, а також оптимальні фізико-технологічні умови створення шарів із заданими властивостями. Планується порівняння фізичних характеристик матеріалів у наноструктурованому й плівковому станах. Отримані результати дозволять створити напівпровідникові структури з покращеними фізичними параметрами, придатні для застосування в гнучкій електроніці, оптоелектроніці та геліоенергетиці

Реферат англійською:

The project is aimed at creating the scientific foundations of materials science and developing a low-temperature, vacuum-free technology for the synthesis of nanoparticles and films of new oxide materials (CuOx, Zn₂SnO₄, ZnO:Cu, ZnO:Al(In)) that will have the specified optical and electrophysical properties. In order to improve the processes of nanoparticle synthesis and film deposition by chemical methods (printing, sputtering) using nano-ink, the morphological, structural and optical characteristics of materials will be analyzed depending on the physical and chemical conditions of application. In the course of the work, the influence of the structural-phase state of materials and post-growth annealing on their structure-dependent characteristics will be investigated, the chemical composition of nanomaterials and film structures will be determined, as well as the optimal physical and technological conditions for creating layers with specified properties. It is planned to compare the physical characteristics of materials in nanostructured and film states. The results obtained will make it possible to create semiconductor structures with improved physical parameters suitable for use in flexible electronics, optoelectronics, and solar cells

Індекс УДК: 621.315.562, 543.08, 549.516, 661.8

Коди тематичних рубрик: 45.09.35, 90.27.31

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Опанасюк Анатолій Сергійович

Науковий ступінь: д.ф.-м.н.

Вчене звання: професор

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Керування структурно-фазовим станом наночастинок і плівок нових оксидних матеріалів, нанесених хімічними методами, для потреб гнучкої електроніки і геліоенергетики

Назва НТП англійською: Control of the structural and phase state of nanoparticles and films of new oxide materials deposited by chemical methods for the needs of flexible electronics and solar cells

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Матеріали

Галузь застосування: Дослідження й експериментальні розробки у сфері природничих і технічних наук

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Оксидні сполуки (CuO_x , Zn_2SnO_4 , $\text{ZnO}:\text{Cu}$, $\text{ZnO}:\text{Al}(\text{In})$) володіють значним потенціалом для розробки приладових структур у галузі гнучкої електроніки, оптоелектроніки, геліоенергетики, термоелектрики та сенсорики. Це зумовлено відсутністю токсичних та дороговартісних компонентів у їх складі, оскільки всі хімічні елементи, які входять у їх структуру, широко поширені в природі. Значна частина з них також володіє прозорістю у видимому спектрі, що дозволяє створювати прозорі електронні пристрої. Важливо відзначити, що ZnO та Zn_2SnO_4 мають тип n-провідності, тоді як CuO_x та $\text{ZnO}:\text{Cu}$ є р-провідності. Це надає можливість створювати гетеропереходи на основі цих матеріалів, які є основою багатьох сучасних електронних пристроїв. Гетеропереходи, що формуються з використанням цих оксидних сполук, стають ключовим елементом в розробці нових технологій та пристроїв у сферах електроніки та сенсорики

Соціально-економічна спрямованість НТП: Поліпшення стану навколишнього середовища, Економія енергоресурсів, Економія матеріалів

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції: Сумський державний університет

Перспективні ринки: Україна

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

- Статті 1. Optical Losses in Glass/ITO(ZnO)/CdS/Cu₂ZnSn(SxSe_{1-x})₄ Solar Cells with Different Kesterite Composition / S.I. Kakherskyi, O.V. Diachenko, N.M. Opanasyuk, A.S. Opanasyuk // Transactions on Electrical and Electronic Materials. – 2022. – V. 23. – P. 552–562.
2. The effect of annealing treatments on the structural and optical characteristics of nanostructured Cu_xO films, obtained by 3D printing / V. Yevdokymenko, O. Dobrozhan, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk, Yu.P. Gnatenko, A.P. Bukivskii, P.M. Bukivskij, R.V. Gamernyk // Materials Science in Semiconductor Processing. –2023. – V. 161. – P.107472.
3. Study of optical and photoelectric properties of copper oxide films / Yu.P. Gnatenko, P.M. Bukivskij, R.V. Gamernyk, V. Yu. Yevdokymenko, A.S. Opanasyuk, A.P. Bukivskii, M.S. Furyer, L.M. Tarakhan // Materials Chemistry and Physics. – 2023. – V. 307. – P.128175.
4. Synthesis of Zn₂SnO₄ particles and the influence of annealing temperature on the structural and optical properties of Zn₂SnO₄ films deposited by spraying nanoinks / O. Klymov, M. Yermakov, R. Pshenychnyi, O. Dobrozhan, S. Agouram, M. C. Martínez-Tomás, A. Opanasyuk, V. Muñoz-Sanjósé // Applied Surface Science Advances. – 2023 – V.18 – P.100521
5. A numerical simulation of solar cells based on the CuO and Cu₂O absorber layers with ZnMgO window layer / O Ivashchenko M.M., Diachenko O.V., Opanasyuk A.S., Buryk I.P., Kuzmin D.V., Cerškus A., Shapovalov O., Plotnikov S.V., Gryshko I.A // Materials Science and Engineering: B. –2024. – V.300 – P.117133.
6. Grain growth of ZnO nanocrystals synthesized in polyol medium with polyvinylpyrrolidone additives / O. Dobrozhan, O. Klymov, S. Agouram, V. Muñoz-Sanjósé, A. Opanasyuk // Ceramics International journal (на етапі оприлюднення).
7. Effect of thermal annealing on the optical properties of 3D-printed nanostructured CuO films for flexible photovoltaic solar cells / Gnatenko Yu.P., Bukivskij P.M., Yevdokymenko V.Yu., Opanasyuk A.S., Bukivskii A.P., Vertygel I.G., Ovcharenko O.I. // Journal: Physica B: Condensed Matter. –2024. – V.677 – P.415737.
8. Morphological, Structural, Substructural Characteristics and Chemical Composition of Zn₂SnO₄ Nanoparticles / Lufar S., Yermakov M., Pshenychnyi R., Berezhna O., Opanasyuk A // IEEE International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2023), Bratislava, Slovakia, Sep. 10-15, 2023.
9. Zn₂SnO₄ Films for Use as Transparent Conductive Layers of Electronic Devices / M. Yermakov, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk, O. Klymov // 2023 IEEE 4rd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering, UKRCON 2023
10. Chemical composition, structural, optical and electrical characteristics of IZO films applied by the spray-pyrolysis method // Yermakov M., Pshenychnyi P., Opanasyuk A., Klymov O., Muñoz-Sanjósé V. // Journal of Materials Science: Materials in Electronics. Submission ID: JMSE-D-24-04238 Подано
11. Effect of Indium Doping on Structural and Optical Characteristics of ZnO:In Nanoparticles / Yermakov M., Yevdokymenko V., Pshenychnyi R., Novhorodtsev A., Opanasyuk A., Shkyria Y. // 2024 IEEE 5th KhPI Week on Advanced Technology, IEEE Conference, Oct 7-11, 2024.
12. Structural, optical and electrical characteristics of copper-doped ZnO films deposited by the spray-pyrolysis method // Boiko B., Yermakov M., Pshenychnyi R., Opanasyuk A., Dobrozhan O., Klymov O., Muñoz-Sanjósé V. // Physica B: Condensed Matter, Manuscript Number: PHYSB-D-24-03854 Подано
13. Structural, microstructural, and optical properties of SnS films deposited by nanoink's spraying with a post-growth temperature treatment / Yevdokymenko V., Pshenychnyi R., Dobrozhan O., Opanasyuk A., Gnatenko Yu., Bukivskij P., Klymov O., Muñoz-Sanjósé V. // Applied Physics A: Materials Science and Processing. – 2024. – V. 130(8). – P.593.

14. Optical and photoelectric properties of nanostructured SnS films obtained by spraying ink using a nanoparticle suspension / Gnatenko Yu.P., Bukivskii A.P., Yevdokymenko V.Yu., Opanasyuk A.S., Bukivskij P.M., Iliash S.A., Vertegel I.G., Ovcharenko O.I., Gamernyk R.V. // Materials Research Express. MRX-130291.R1.
15. Optical and electrical properties of ZnO/NiO heterojunctions obtained by the spraypyrolysis method / M. Yermakov, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk, O. Klymov, V. Muñoz-Sanjósé // Journal of Materials Science. –2024. – V. 59. – P. 15738–15751.
16. The effect of annealing on the structural, optical, and electrical characteristics of multilayer structures with ZnO/NiO heterojunctions / Yermakov M., Pshenychnyi R., Opanasyuk A., Gnatenko Yu., Bukivskij P., Bukivskii A., Klymov O., Muñoz-Sanjósé V., Gamernyk R. // Applied Surface Science Advances. – 2025. – V.25. – 100668.
- 17.The Influence of Magnesium Doping on the Structural Characteristics of Cu₂ZnSnS₄ Nanoparticles Obtained by the Polyol Method / Yermakov M., Boiko B., Vasyliiev V., Pshenychnyi R., Diachenko O. // IEEE International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2024), Sept 8-13, 2024. (Scopus),
18. Моделювання експлуатаційних характеристик фотоелектричного перетворювача зі структурою ZnO:Al/ZnMgO/CuO / Іващенко М.М., Опанасюк А.С. // Collection of research papers of the 7th International Research and Practical Conference «Chemical technology: Science, economy and production». м. Шостка, 22-24 листопада 2023 року С. 145-150
- Монографія 19. Chapter: CdTe/CdZnTe - based radiation detectors. P. 35–73 / Opanasyuk A. S., Kurbatov D. I. Znamenshchikov Ya. V., Diachenko O.V. Ivashchenko M.M. // In book: Handbook of II-VI Semiconductor-Based Sensors and Radiation Detectors: Sensors, Biosensors and Radiation Detectors: Vol. 3, 2023, 3, страницы 35–73. Springer Nature Switzerland, Gewerbestrasse
- Патенти 20. Спосіб синтезу наночастинок твердих розчинів складу Cu₂ZnSn(S_xSe_{1-x})₄ / Р.М. Пшеничний, Л.М. Пономарьова, А.С. Опанасюк, О.А. Доброжан, С.І. Кахерський // Патент на корисну модель № 152230. Номер заявки: u 2021 05482 Дата подання заявки: 28.09.2021. Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 12.01.2023. Публікація відомостей про державну реєстрацію: 11.01.2023, Бюл.№ 2
21. Спосіб одержання тонких плівок напівпровідникових твердих розчинів Cu₂MgxZn_{1-x}SnS₄ / Р.М. Пшеничний, М.С. Єрмаков, А.С. Опанасюк // Патент на корисну модель № 153358. Номер заявки: u 2022 04900. Дата подання заявки: 21.12.2022. Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 22.06.2023. Публікація відомостей про державну реєстрацію: 21.06.2023, Бюл.№ 25
22. Спосіб контролю росту зерна наночастинок і плівок ZnO. Доброжан О.А., Опанасюк А.С., Бойко Б. Р. // Патент на корисну модель № Заявка u 2022 Номер заявки: u 2022 04900 Дата подання заявки: 21.12.2023 Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 22.06.2023. Публікація відомостей про державну реєстрацію: 21.06.2024, Бюл.№ 26
23. Універсальна система керування екструдерами для друку функціональних шарів електроніки / А.С. Опанасюк, Ю. Шкиря (подано)

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Карпуша Василь Данилович

к. ф.-м. н.

Перелік осіб-виконавців

Євдокименко Владислав Юрійович

(д.філософ)

Єрмаков Максим Сергійович

Васильєв Віталій Романович

Голофост Ірина Володимирівна

Д'яченко Олексій Вікторович

(к. ф.-м. н.)

Кахерський Станіслав Ігорович

(д.філософ)

Мороз Нікіта Володимирович

Опанасюк Анатолій Сергійович

(д. ф.-м. н., 01.04.01)

Подлозний Артем Ігорович

Пшеничний Роман Миколайович

(к. х. н., 02.00.04)

Піддубний Максим Юрійович

Юрченко Владислав Ігорович

Відповідальний за підготовку

Сорокоумова О.П.

облікових документів

Телефон

+38 (096) 419-18-28

Реєстратор

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

