

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0224U033131

Державний реєстраційний номер: 0124U003643

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 18-12-2024

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Структурні та оптичні дослідження двошарових та багатошарових структур на основі плівок CuO, ZnO, NiO, CZTSSe, SnS

Початок етапу: 06.2024

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. Харківська, буд. 116, 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): 2201380

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 184.100
--

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

3D-друковані функціональні елементи для гнучких електронних пристроїв

Назва роботи англійською:

3D Printed Functional Elements for Flexible Electronic Devices

Реферат українською:

Відомо, що методи нанесення плівок напівпровідникових матеріалів звичайно поділяють на фізичні і хімічні. Фізичні методи є енергомісткими, вони вимагають використання спеціального вакуумного обладнання, яке є громіздким і дорогим, потребує високопрофесіонального персоналу для обслуговування. Ці фактори привели до пошуку інших способів отримання плівок напівпровідників. Безвакуумні хімічні методи дозволяють наносити плівки різних сполук при атмосферному тиску, вони є економічно ефективними, доступними та менш енергозатратними ніж вакуумні, легко масштабуються, дозволяють отримувати плівки великої площі з контрольованими характеристиками на гнучких підкладках, вони також висувають менші вимоги до обладнання. Фактично в наш час відбувається технологічний перехід від використання для нанесення напівпровідникових матеріалів фізичних методів до хімічних. Проект започатковує розвиток проривної технології виробництва чутливих елементів електроніки на основі оксидних (CuO, ZnO, NiO), сульфідних (SnS) та кестеритових (CZTSSe) напівпровідникових матеріалів з використанням 2D та 3D принтерів, що належить до технологій четвертої промислової (технологічної) революції. Запропонована хімічна технологія друку з використанням наночорнил є енергоефективною, екологічно чистою, такою, що легко масштабується, та може використовуватися персоналом низької кваліфікації в специфічних умовах. Слід відзначити, що всі вивчені в роботі сполуки є екологічно безпечними та містять лише широко розповсюджені в земній корі елементи

Реферат англійською:

It is well known that methods for depositing semiconductor material films are generally divided into physical and chemical techniques. Physical methods are energy-intensive, requiring specialized vacuum equipment that is bulky, expensive, and demands highly skilled personnel for operation and maintenance. These factors have led to the search for alternative approaches to obtain semiconductor films. Non-vacuum chemical methods allow for the deposition of films of various compounds at atmospheric pressure, offering economic efficiency, accessibility, and lower energy consumption compared to vacuum-based techniques. These methods are easily scalable, enable the production of large-area films with controlled characteristics on flexible substrates, and impose fewer requirements on equipment. In fact, a technological shift is currently underway, moving from the use of physical methods for depositing semiconductor materials to chemical methods. The project initiates the development of breakthrough technology for manufacturing sensitive electronic elements based on oxide (CuO, ZnO, NiO), sulfide (SnS), and kesterite (CZTSSe) semiconductor materials using 2D and 3D printers, which belong to the technologies of the Fourth Industrial (Technological) Revolution. The proposed chemical printing technology utilizing nanoparticle inks is energy-efficient, environmentally friendly, easily scalable, and can be operated by low-skilled personnel under specific conditions. It is worth noting that all compounds studied in this work are environmentally safe and consist of elements that are abundantly available in the Earth's crust

Індекс УДК: 621.315.592, 538.9, 538.975

Коди тематичних рубрик: 47.09.29, 29.19.03

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: 3D-друковані функціональні елементи для гнучких електронних пристроїв

Назва НТП англійською: 3D Printed Functional Elements for Flexible Electronic Devices

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 (CuOx, ZnO:Cu, ZnO:Al(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, ZnO:Al(In) мають n-тип провідності, тоді як CuOx, CZTS, SnS та ZnO:Cu мають p-провідність. 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: СумДУ

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

- 1) Optical and electrical properties of ZnO/NiO heterojunctions obtained by the spraypyrolysis method / M. Yermakov, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk, O. Klymov, V. Muñoz-Sanjosé // Journal of Materials Science. –2024. – V. 59. – P. 15738–15751. (Scopus, WoS; IF = 3.5), Q2. <https://doi.org/10.1007/s10853-024-10110-y>
 - 2) 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-Sanjosé V. // Applied Physics A: Materials Science and Processing. – 2024. – V. 130(8). – P.593. (Scopus, WoS; IF = 2.5), Q2. <https://doi.org/10.1007/s00339-024-07752-9>
 - 3) 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. (Scopus, WoS; IF = 2.8), Q2. <https://doi.org/10.1016/j.physb.2024.415737>
 - 4) Grain growth of ZnO nanocrystals synthesized in polyol medium with polyvinylpyrrolidone additives / O. Dobrozhan, O. Klymov, S. Agouram, V. Muñoz-Sanjosé, A. Opanasyuk // Ceramics International journal. – 2024. – V. 50, №4, P.6941-6949. (Scopus, WoS; IF = 5.1), Q1. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.12.043>
 - 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., Cer'skus A., Shapovalov O., Plotnikov S.V., Gryshko I.A // Materials Science and Engineering: B. –2024. – V.300 – P.117133. (Scopus, WoS; IF= 3.9), Q2. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2023.117133>
 - 6) 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-Sanjosé V., Gamernyk R. // Applied Surface Science Advances. – 2025. – V.25. – 100668. (Scopus, WoS; IF= 7.5), Q1 DOI: 10.1016/j.apsadv.2024.100668
 - 7) 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. (Scopus, WoS; IF = 1.8), Q2, DOI: 10.1088/2053-1591/ad9b73
 - 8) 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), DOI:10.1109/NAP62956.2024.10739759
 - 9) 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. (Scopus)
- Патенти 1. Спосіб контролю росту зерна наночастинок і плівок ZnO. Доброжан О.А., Опанасюк А.С., Бойко Б. Р. // Патент на корисну модель № Заявка у 2022 Номер заявки: у 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
- Захисти дисертацій 1. Євдокименко Владислав Юрійович «Оптимізація характеристик наночастинок та плівок сполук CuO, ZnO:Al, SnS для перетворювачів сонячної енергії», спеціальність 105 - Прикладна фізика та наноматеріали (2024 р.) <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/95949>
<https://svr.naqa.gov.ua/#/defense/6523>

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Карпуша Василь Данилович

к. ф.-м. н.

Перелік осіб-виконавців

Євдокименко Владислав Юрійович

Єрмаков Максим Сергійович

Д'яченко Олексій Вікторович

(к. ф.-м. н.)

Опанасюк Анатолій Сергійович

(д. ф.-м. н., 01.04.01)

Пшеничний Роман Миколайович

(к. х. н., 02.00.04)

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Сорокоумова О.П.

Телефон

+38 (096) 419-18-28

Реєстратор

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

