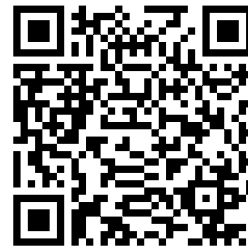


Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0223U004741

Державний реєстраційний номер: 0120U104809

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-11-2023

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 4

Назва етапу: Нанесення плівок сполук $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{SxSe}_{1-x})_4$, SnS та визначення оптимальних умов їх одержання. Двошарові та багатошарові структури на основі оксидних та багатокомпонентних сполук. Двошарові та багатошарові структури на основі оксидних та багатокомпонентних сполук. Створення прототипів функціональних елементів гнучкої електроніки на основі розроблених та оптимізованих гетеропереходів

Початок етапу: 05.2023

Закінчення етапу: 11.2023

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

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Інститут фізики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417302

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 46, м. Київ, 03680, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380445251220

Внесок співвиконавця у звітний етап:

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національний фонд досліджень України

Код за ЄДРПОУ: 42734019

Місцезнаходження: вул. Бориса Грінченка, 1, м. Київ, 01001, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Кабінет Міністрів України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380442981622

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: 2.2 - прикладні дослідження і розробки

Джерела фінансування

7713 - кошти держбюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 2201300

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 3625.200

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Перспективні напівпровідникові наноматеріали для потреб гнучкої електроніки: синтез, розробка методів друку та оптимізація їх структурних, оптичних і фотоелектричних властивостей

Назва роботи англійською:

Promising semiconductor nanomaterials for flexible electronics: synthesis, development of printing methods and optimization of structural, optical and photoelectric properties

Реферат українською:

Метою проекту було створення матеріалознавчих і фізико-технологічних основ одержання нових перспективних напівпровідникових наноматеріалів, плівок і гетероструктур на їх основі з контрольованими та наперед заданими електричними, оптичними і структурними властивостями шляхом друку, придатних для використання в гнучкій електроніці, опто- і мікроелектроніці, сенсоричі та геліоенергетиці

Реферат англійською:

The aim of the project was the development of physical and material science foundations for obtaining promising semiconductor nanomaterials, thin films as well as heterostructures based on them with controlled and defined structural and electronic properties by printing, suitable for use in flexible electronics, opto- and microelectronics, sensors and solar energy

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: Безвакуумна методика отримання напівпровідникових наноматеріалів, плівок і гетероструктур з контрольованими оптичними та електрофізичними властивостями

Назва НТП англійською: Vacuum-free method for obtaining semiconductor nanomaterials, films and heterostructures with controlled optical and electrophysical properties

НТП, яку передбачалося створити:

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Матеріали, Методи, теорії, Методичні документи

Галузь застосування: сонячна енергетика

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Методики одержання перспективних напівпровідникових наноматеріалів CuO, ZnO, NiO, Cu₂ZnSn(SxSe_{1-x})₄, SnS в результаті синтезу наночастинок із використанням колоїдно-поліольного методу, створення наночорнил шляхом їх диспергування в екологічно безпечних розчинниках та осадження наноструктурованих плівок методом друку з використанням 2D і 3D принтерів. Отримані наноматеріали можна використовувати для створення приладів гнучкої електроніки, оптоелектроніки та геліоенергетики

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

Перспективні ринки:

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

- Перелік опублікованих за темою статей в журналах, що індексуються БД Scopus та/або Web of Science Core Collection (WoS)
1. Structure, substructure and chemical composition of ZnO nanocrystals and films deposited onto flexible substrates / O. Dobrozhan, I. Shelest, A. Stepanenko, D. Kurbatov, M. Yermakov, A. Čerškus, S. Plotnikov, A. Opanasyuk // Materials Science in Semiconductor Processing. – 2020. – V. 108. – P. 104879.
 2. Influence of the thermal annealing on the morphological and structural properties of ZnO films deposited onto polyimide substrates by ink-jet printing / O. Dobrozhan, R. Pshenychnyi, S. Vorobiov, D. Kurbatov, V. Komanicky, A. Opanasyuk // SN Applied Sciences. – 2020. – V. 2. – P. 365.
 3. Structural properties and chemical composition of ZnO films deposited onto flexible substrates by spraying polyol mediated nanoinks / O. Dobrozhan, S. Vorobiov, D. Kurbatov, M. Baláž, M. Kolesnyk, O. Diachenko, V. Komanicky, A. Opanasyuk // Superlattices and Microstructures. – 2020. – V. 140. – P. 106455.
 4. Morphological, structural, microstructural, chemical properties of nanostructured Cu₂ZnSnS₄ flexible thin films obtained by ink-jet printing of polyol-mediated nanocrystals / O. Dobrozhan, M. Baláž, P. Baláž, S. Vorobiov, A. Opanasyuk // Journal of Alloys and Compounds. – 2020. – V. 842. – P. 155883.
 5. Cu₂ZnSnS₄, Cu₂ZnSnSe₄ nanocrystals as absorbers in 3rd generation solar cells / S. Kakherskyi, D. Kurbatov, N. Opanasyuk, R. Pshenychnyi // 2020 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO-2020), April 16-18, 2020, Kyiv Polytechnic Institute.
 6. Synthesis and Structural Properties of Cu₂ZnSnSe₄ Nanocrystals For Nanoinks To Print Flexible Electronic Devices / R. Pshenychnyi, S. Kakherskyi, A. Dobrozhan, D. Vorozhtsov, A. Opanasyuk // 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). – 2020. – P. 467-471.
 7. The effect of low-temperature annealing on the structure and chemical composition of Cu₂ZnSnS₄ films deposited on flexible polyimide substrates / R. Pshenychnyi, S. Kakherskyi, A. Dobrozhan, D. Kurbatov, A. Opanasyuk // IEEE International Conference on "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2020). – 2020. – P. 01NSSA12-1-01NSSA12-5.
 8. Structural, microstructural, chemical, and optical properties of NiO nanocrystals and films obtained by 3D printing / S. Kakherskyi, R. Pshenychnyi, O. Dobrozhan, A. Opanasyuk, Ja. G. Vaziev, Yu. Gnatenko, A. Bukivskii, P. Bukivskii // Appl. Phys. A. – 2021. – V. 127. – P. 715.
 9. Structural and Optical Properties of CuO Thin Films Synthesized Using Spray Pyrolysis Method / O. Diachenko, J. Kováč, O. Dobrozhan, P. Novák, Jar. Kováč, J. Skriniarova, A. Opanasyuk // Coatings. – 2021. – V.11. – P. 1392.
 10. Fabrication and characterization of heterojunction based on a copper oxide layer / O. Diachenko, A. Opanasyuk, T. Protasova, J. Kováč, P. Novák, J. Kováč // 2021 IEEE 2nd KhPI. – 2021. – P. 510-514.
 11. The annealing effect on the structure and microstructure of 3D printed zinc oxide films / V. Yevdokymenko, S. Kakherskyi, O. Dobrozhan, A.S. Opanasyuk, R. Pshenychnyi, Yu.P. Gnatenko // 2021 IEEE 3rd UKRCON. – 2021. – P. 454-458.
 12. Influence of temperature annealing on structural and substructural properties of heterojunction ZnO/Cu₂ZnSnS₄ obtained by spraying nanoinks / M. Yermakov, O. Dobrozhan, S. Kakherskyi, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk // 2021 IEEE 11th NAP. – 2021. – P. 1-5.
 13. Optimization of synthesis conditions of Cu₂ZnSn(SexS_{1-x})₄ nanocrystals for use in flexible electronic devices / S. Kakherskyi, O. Dobrozhan, R. Pshenychnyi, Yu.P. Gnatenko, A.S. Opanasyuk // 2021 IEEE UkrMiCo. – 2021. – P. 283-288.
 14. Morphological, structural, substructural characteristics and chemical composition of ZnO nanocrystals doped with aluminum / M. Yermakov, O. Dobrozhan, L. Ponomarova, V. Yevdokymenko, A. Opanasyuk // 2021 IEEE UkrMiCo. – 2021. – P. 289-294.
 15. SnS and SnS₂ nanoparticles for printing third generation solar cells / V. Yevdokymenko, L. Ponomarova, Yu.P. Gnatenko, N. Opanasyuk // 2021 IEEE UkrMiCo. – 2021. – P. 299-303.

16. 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 Materialsthis. – 2022. – V. 23. – P. 552–562.
 17. Effect of Different Selenium Precursors on Structural Characteristics and Chemical Composition of Cu₂ZnSnSe₄ Nanocrystals / S. Kakherskyi, R. Pshenychnyi, O. Dobrozhan, J. Vaziev, A. Opanasyuk, Y. Gnatenko // Acta Physica Polonica A. – 2022. – V. 141. – P. 487–499.
 18. Influence of Low-Temperature Annealing on the Structure and Chemical Composition of Cu₂ZnSnS₄ Films Deposited on Flexible Polyimide Substrates / S.I. Kakherskyi, O.A. Dobrozhan, R.M. Pshenychnyi, S.I. Vorobiov, Ye.O. Havryliuk, V. Komanicky, S.V. Plotnikov, A.S. Opanasyuk // Materials Science. – 2022. – V. 57. – P. 572–581.
 19. Structural Characteristics and Chemical Composition of Cu₂MgxZn_{1-x}SnS₄ Films for Solar Cells / M. Yermakov, R. Pshenychnyi, O. Diachenko, O. Pusanuy, A. Opanasyuk // 2022 IEEE 3rd KhPI. – 2022. – P. 1–5.
 20. Structural features of Cu₂MgxZn_{1-x}SnS₄ solid solution films for third-generation solar cells / M. Yermakov, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk, Yu. Gnatenko, O. Klymov, M.C.-Tomás Martínez, V. Muñoz-Sanjósé // Journal of Alloys and Compounds. – 2023. – V. 935. – P. 168117.
 21. The effect of annealing treatments on the structural and optical characteristics of nanostructured CuxO 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.
 22. 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.
 23. Zn₂SnO₄ Films for Use as Transparent Conductive Layers of Electronic Devices / M. Yermakov, R. Pshenychnyi, A. Opanasyuk, O. Klymov // 2023 IEEE 4rd UKRCON. – 2023. (на етапі оприлюднення).
 24. 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).
- Перелік отриманих за темою патентів: 1. Спосіб нанесення нанокристалічних плівок ZnO методом двовимірного спреї-друку / Патент на корисну модель № 143611. Номер заявки у 2019 12207. Дата подання заявки: 24.12.2019. Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.08.2020. Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 10.08.2020, Бюл. № 15
2. Спосіб створення нанокристалів напівпровідникової сполуки Cu₂ZnSnSe₄ / Р.М. Пшеничний, А.С. Опанасюк, О.А. Доброжан, С.І. Кахерський, Д.О. Ворожцов, Д.І. Курбатов // Патент на корисну модель № 147623. Номер заявки: у 2020 08217. Дата подання заявки: 22.12.2020. Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 27.05.2021. Публікація відомостей про державну реєстрацію: 26.05.2021, Бюл.№ 21
 3. Спосіб синтезу наночастинок твердих розчинів складу Cu₂ZnSn(SxSe_{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: у 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
 4. 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: у 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

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Васильєв Анатолій Васильович

Перелік осіб-виконавців

Буківський Анатолій Петрович

(к. ф.-м. н.)

Возний Андрій Андрійович

(к. ф.-м. н.)

Гнатенко Юрій Павлович

(д. ф.-м. н., 01.04.07)

Доброжан Олександр Анатолійович

(к. ф.-м. н.)

Д'яченко Олексій Вікторович

(к. ф.-м. н.)

Кахерський Станіслав Ігорович

(аспірант)

Логвинов Андрій Миколайович

(к. ф.-м. н.)

Опанасюк Анатолій Сергійович

(д.ф.-м.н., 01.04.01)

Пшеничний Роман Миколайович

(к. х. н.)

Шамардін Артем Володимирович

(к. ф.-м. н.)

Відповідальний за підготовку

Сорокоумова О.П.

облікових документів

Телефон

+38 (054) 268-44-02

Реєстратор

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

