Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003329

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-11-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ № 1799 від 09.12.2024 р.

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Грицак Андрій Михайлович
2. Andrii M. Hrytsak

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0001-3674-5333

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: 21-11-2024

Спеціальність за освітою: Фізика конденсованого стану

Місце роботи здобувача: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 7014

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, 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: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.15.35, 29.19.04, 29.19.11, 29.19.15

Тема дисертації:

1. Радіаційно і термічно стимульовані процеси у сцинтиляційних і термохромних матеріалах для реєстрації іонізаційного випромінювання.

2. Radiation and thermally stimulated processes in scintillation and thermochromic materials for ionizing radiation detection.

Реферат:

1. Робота присвячена цілеспрямованому пошуку та вивченню властивостей ефективних сцинтиляційних і термохромних матеріалів, які можуть бути використані для реєстрації іонізаційного випромінювання, на основі вивчення притаманних їм термічних і радіаційно стимульованих процесів. Особлива увага була приділена дослідженню сцинтиляційних характеристик особливо чистих і максимально бездефектних монокристалів як чутливих матеріалів для кріогенних детекторів для забезпечення сприятливих умов реалізації власної екситонної люмінесценції. Тому ключовою частиною цієї дисертаційної роботи стало вивчення матеріалів, таких як йодид цезію (CsI), телурид цинку (ZnTe), вольфрамат кальцію (CaWO4). Водночас для оптимізації параметрів люмінесценції вольфрамату цинку (ZnWO4) був використаний альтернативний метод цілеспрямованого введення домішки-активатора. Також значна увага була приділена вивченню термохромних матеріалів, зокрема на основі диетиламінтетрахлоркупрату [NH2(C2H5)2]2CuCl4

(DEACC), які характеризуються здатністю змінювати свої оптичні властивості під впливом температурних змін, що дозволяє використовувати їх у сенсорній техніці, зокрема, для реєстрації іонізаційного випромінювання. Хоча монокристалічні сцинтилятори та термохромні матеріали використовують для вирішення різних задач, можна вважати, що вони взаємно доповнюють один одного, що відкриває нові можливості для вдосконалення систем радіаційної безпеки та детектування іонізаційного випромінювання. В результаті досліджень спектрів рентгенолюмінесценції та їхньої кореляції з термостимульованими процесами підтверджена присутність Vk- та H- центрів в умовно чистому кристалі йодиду цезію (CsI), відповідальних за смуги рентгенолюмінесценції і термолюмінесценції, а також встановлена природа іонної провідності у цьому матеріалі. Проведено дослідження термостимульованої люмінесценції в комплексі з аналізом спектрів рентгенолюмінесценції та кривих загасання сцинтиляцій у номінально чистому кристалі CaWO4. Показано, що методом Чохральського з сировини максимальної чистоти (99,99 %), отриманої методом твердофазного високотемпературного синтезу, вирощено кристали CaWO4 з максимальною інтенсивністю власної люмінесценції. Уведення в сцинтилятор ZnWO4 домішки Li2O приводить до зростання інтенсивності смуги люмінесценції при 2,59 еВ, що свідчить про перспективність його застосування у сенсорних пристроях. Отримано патент на корисну модель на основі сцинтиляційного матеріалу ZnWO4, вдосконаленого за допомогою уведення у кристал домішки літію. Це дало змогу підвищити світловий вихід люмінесценції та зменшити запасання світлосуми при рентгенівському збудженні на глибоких рівнях захоплення. Встановлено, що оптимальними сцинтиляційними характеристиками, серед досліджуваних кристалів, володіють кристали ZnTe та CaWO4. Нелегований ZnTe проявляє конкурентоздатне значення світлового виходу, яке становить 117 ± 20% від відповідної характеристики сцинтилятора CaWO4 при порівняно короткому часі загасання сцинтиляцій, що передбачає застосування телуриду цинку, як чутливого елемента традиційних сцинтиляційних детекторів, які працюють при температурі рідкого азоту (T = 77 K). Особливо привабливим цей матеріал може виявитися для підтвердження можливості спостереження подвійного безнейтринного бета-розпаду 0νПБР в ядрах 130Te, що входять до складу сцинтилятора. Запропоноване пояснення виявленої надзвичайно високої чутливості термохромних властивостей мікрокомпозитів на основі кристалів диетиламінтетрахлоркупрату (DEACC) до відносно низьких доз іонізаційного випромінювання, який полягав у значному зміщенні температури термохромного фазового переходу, отриманої з петель гістерезису D(T), у бік нижчих значень. Ключовий момент у впливі випромінювання пов'язаний зі змінами на межі між матрицею та мікрокристалом. Зміщення температури фазового переходу під дією відносно низьких доз опромінення пояснюється розривом хімічних зв’язків між полімерною матрицею та мікрокристалами. Розроблена технологія виготовлення термохромного індикатора на основі полікристалічної плівки DEACC, вкритої полімером, яку можна використати для виготовлення чутливих елементів сенсорів та для реалізації способу вимірювання дози іонізаційного випромінювання.

2. The work is dedicated to the targeted search and study of the properties of effective scintillation and thermochromic materials that can be used for ionizing radiation detection, on the basis of investigations of the inherent to them thermally and radiation stimulated processes. Special attention was devoted to study of the scintillation characteristics of maximally pure and defect-free single crystals as sensitive materials for cryogenic detectors to ensure favorable conditions for the realization of intrinsic excitonic luminescence. Therefore, a main part of this dissertation work was devoted to study of the materials such as cesium iodide (CsI), zinc telluride (ZnTe) and calcium tungstate (CaWO4). At the same time, an alternative method of the targeted introduction of an activator impurity was used to optimize the luminescence parameters of zinc tungstate (ZnWO4). Significant attention was also devoted to study of the thermochromic materials, particularly those based on diethylammonium tetrachlorocuprate [NH2(C2H5)2]2CuCl4 (DEACC), which are characterized by the ability to change their optical properties under temperature variations, enabling their use in sensor technology, particularly for ionizing radiation detection. Although the single crystalline scintillators and thermochromic materials are employed for different purposes, they can be considered complementary to one another, opening up new opportunities for enhancing radiation safety systems and ionizing radiation detection technologies. As a result of study of X-ray

luminescence spectra and their correlation with the thermally stimulated processes, presence of Vk and H centers responsible for the X-ray luminescence and thermoluminescence bands was confirmed in nominally pure CsI crystals. Additionally, the nature of the ionic conductivity in this material was established. The thermally stimulated luminescence in combination with the analysis of X-ray luminescence spectra and scintillation decay curves in nominally pure calcium tungstate crystals was investigated. CaWO4 crystals with maximal excitonic luminescence intensity were grown using the Czochralski method from the raw materials of the highest purity (99.99%), obtained using solid-phase high-temperature synthesis. These crystals are promising for the development of cryogenic scintillation detectors. The introduction of Li□O impurities into ZnWO□ scintillator leads to increase in the luminescence band intensity at 2.59 eV, that implies its potential use in the sensor devices. A patent for a utility model has been obtained concerning the scintillation material based on ZnWO□ crystal, improved by doping with lithium. This modification allowed increasing of the luminescence light output and a reduction of the light sum accumulation at deep trapping levels during X-ray excitation. Among the studied materials ZnTe and CaWO□ crystals possess the optimal scintillation characteristics. Undoped ZnTe exhibits a competitive light output value of 117 ± 20% in respect of that of the CaWO□ scintillator, with a relatively short scintillation decay time. This implies the potential use of zinc telluride as a sensitive element in the traditional scintillation detectors operating at the liquid nitrogen temperature (T = 77 K). This material may be particularly attractive for confirming the possibility of observation of the neutrino-less double beta decay (0□DBD) in the 130Te nuclei, which are the part of the scintillator. The proposed explanation of the observed extremely high sensitivity of the thermochromic properties of the microcomposites based on diethylammonium tetrachlorocuprate (DEACC) crystals to relatively low doses of ionizing radiation involves a significant shift in the thermochromic phase transition temperature determined from the D(T) hysteresis loops, towards lower values. The key factor in the radiation effect is related to changes at the interface between the matrix and the microcrystal. The shift in phase transition temperature under relatively low radiation doses is attributed to the breaking of the chemical bonds between the polymer matrix and the microcrystals. There was developed the technology for producing of the thermochromic indicator based on a DEACC polycrystalline film coated with a polymer, which can be used for fabrication of the sensitive elements for sensors including those used for measurement of the doses of ionizing radiation.

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: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 1. Mikhailik V.B. ZnTe cryogenic scintillator / V.B. Mikhailik, S. Galkin, H. Kraus, V. Mokina, A. Hrytsak, V. Kapustianyk, M. Panasiuk, M. Rudko, V. Rudyk // Journal of Luminescence. – 2017. – Vol. 188. – P. 600-603.
- 2. Hrytsak A. X-Ray Luminescence and Thermally Stimulated Processes in Cesium Iodide Crystal / A. Hrytsak, M. Rudko, V. Kapustianyk, L. Hrytsak, V. Mykhaylyk // Phys. Status Solidi B. – 2023. – Vol. 260, No 11. – P. 2300289 (6 p).
- 3. Грицак А. Термостимульована люмінесценція і природа сцинтиляцій у кристалі CaWO4 / А. Грицак, В. Капустяник, М. Рудко // Журнал фізичних досліджень. – 2024. – Vol. 28. – P. 2001 (6 p).
- 4. Kapustianyk V. Thermochromic microcomposites with extremely high sensitivity to ionizing radiation / V. Kapustianyk, Y. Chornii, A. Hrytsak // Phase Transitions. – 2024. – Vol. 97. – P. 1-9.
- 5. Патент на корисну модель №134281 Україна, МПК H05B 33/00, H05B 33/18 (2006.01), G01T 1/00, G01T 1/10 (2006.01), G01T 1/202 (2006.01) Сцинтиляційний матеріал на основі вольфрамату цинку. Новосад С. С., Костик Л. В., Капустяник В. Б., Новосад І. С., Рудко М. С., Грицак А. М.; — №u201812274; заявл. 11.12.2018; опубл. 10.05.2019, Бюл. №9/2019. Власник Львівський національний університет імені Івана Франка.

- 6. Патент на корисну модель №153944 Україна, МПК G01K 11/16 (2021.01) Термохромний індикатор / Капустяник В. Б.; Чорній Ю. В.; Семак С. І.; Грицак А. М.; — №u202301357; заявл. 30.03.2023; опубл. 21.09.2023, Бюл. № 38/2023. Власник Львівський національний університет імені Івана Франка.
- 7. Патент на корисну модель №156385 Україна, МПК G01T 1/02 (2006.01), G01T 1/202 (2006.1), G07C 211/04 (2006.01) Спосіб вимірювання експозиційної дози іонізаційного випромінювання / Капустяник В. Б.; Чорній Ю. В.; Грицак А. М.; — №u202303229; заявл. 03.07.2023; опубл. 19.06.2024, Бюл. № 25/2024. Власник Львівський національний університет імені Івана Франка.
- 8. Hrytsak A.M., Kapustianyk V.B., Panasiuk M.R., Rudko M.S. Thermally stimulated processes in undoped CsI // Book of Abstracts of International Conference for Professionals and Young Scientists "Low Temperature Physics 2018", ICPYS-LTP 2018, Харків, 4-8 липня 2018, P. 156.
- 9. Грицак А., Рудко М., Капустяник В. Природа сцинтиляцій і термостимульованої люмінесценції в кристалі вольфрамату кальцію // Тези доп. Міжнар. конф. студ. і мол. науковців з теор. та експер. фізики «ЕВРИКА-2024», Львів, 14-16 травня 2024, С. 92.
- 10. Hrytsak A., Kapustianyk V., Chornii Y. The thermochromic microcomposite with a high sensitivity to ionizing radiation // Book of Abstracts XXIV of International Young Scientists Conference on Applied Physics «ICAP 2024», Київ, 23-24 травня 2024, P.73-74.
- 11. Грицак А. М., Капустяник В. Б., Рудко М. С. Сцинтиляційні властивості телуриду цинку за кріогенних температур // Тези доп. Міжнародної науково-практичної конференції "Стратегічні пріоритети розвитку науки, освіти та технологій", Кременчук, 22 червня 2024, P. 23-28.

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

Соціально-економічна спрямованість: створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту; поліпшення стану навколишнього середовища

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: №0116U001540, № 0118U003608, №0120U104913

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Капустяник Володимир Богданович

2. Volodymyr B. Kapustianyk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7830-5670

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 14421180200; Web of Science Researcher ID: D-6534-2019; https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=ZLXkmAkAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, 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. Мягкота Степан Васильович
2. Stepan V. Myagkota

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4746-2494

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6603050931; https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=SAE2-B8AAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет природокористування

Код за ЄДРПОУ: 00493735

Місцезнаходження: вул. Володимира Великого, буд. 1, Дубляни, Львівський р-н., 80381, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Малинич Сергій Захарович
2. Serhiy Z. Malynych

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6261-8493

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6507289843; Web of Science Researcher ID: B-3648-2019; https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=pWOOtB0AAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

Код за ЄДРПОУ: 08410370

Місцезнаходження: вул. Героїв Майдану, буд. 32, Львів, 79012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство оборони України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бордун Олег Михайлович

2. Oleh M. Bordun

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.05

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6816-7235

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 6603117351; Web of Science Researcher ID: HGB-8908-2022; https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=1H2P87EAAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Карбовник Іван Дмитрович

2. Ivan D. Karbovnyk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., доц., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3697-4902

Додаткова інформація: Scopus Author ID: 55911323100; Web of Science Researcher ID: B-8572-2009; https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=tZ5Kt34AAAAJ

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Павлик Богдан Васильович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Павлик Богдан Васильович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Жак Ольга Володимирівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна