Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U101398

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 21-11-2023

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хромюк Іларіон Федорович
2. Khromiuk Ilarion F,

Кваліфікація:

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: 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 27-12-2023

Спеціальність за освітою: фізика та астрономія

Місце роботи здобувача: Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23756522

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 3222

Повне найменування юридичної особи: Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23756522

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23756522

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.19.25

Тема дисертації:

1. Механізм формування імпульсу затриманої радіолюмінесценції в органічних гетероструктурованих сцинтиляторах та їх здатність до роздільної реєстрації іонізуючих випромінювань за формою сцинтиляційного імпульсу

2. The mechanism of delayed radioluminescence pulse formation in organic heterostructured scintillators and their ability to separately register ionizing radiation based on the scintillation pulse shape

Реферат:

1. Дисертація присвячена встановленню впливу міграційних особливостей триплетних екситонів в органічних гетероструктурованих сцинтиляторах, а саме полікристалах та композиційних сцинтиляторах на основі стильбену, п-терфенілу (як активованого, так і неактивованого) та антрацену, на їх здатність до розділення за формою сцинтиляційного імпульсу (pulse shape discrimination, PSD) сигналів від іонізуючих випромінювань із різними питомими енергетичними втратами dE/dx. В роботі вперше проведено обчислення коефіцієнтів дифузії триплетних станів у подібних гетероструктурованих сцинтиляторах, а також показано, що просторові розмірності для цих коефіцієнтів дорівнюють 3, що вказує на ізотропний

характер розповсюдження цих станів. Також запропоновано два спрощених методи для швидкого числового визначення здатності органічного сцинтилятора, як монокристалічного так і гетероструктурованого, до розділення іонізуючих випромінювань за формою імпульсу, а саме за визначенням точки перегину та за апроксимацією швидкого компонента. Теоретично та експериментально доведено, що міграція триплетних екситонів може бути обмежена геометричними розмірами гранули гетероструктурованого сцинтилятора та показано, що таке обмеження призводить до посилення ефекту рекомбінації триплетних екситонів за рахунок їх відбиття від меж гранул при достатній їх початковій кількості в гранулі. В розділі 1 приведені основні фізичні принципи та механізми, які описують появу та рекомбінацію збуджених станів в органічних сцинтиляторах. Показані фактори, що впливають на форму імпульсу радіолюмінесценції, наведені основні сцинтиляційні параметри досліджуваних речовин та типів сцинтиляторів. Проведений літературний огляд щодо здатності до розділення іонізуючих випромінювань за формою сцинтиляційного імпульсу досліджуваних зразків. Обґрунтовано необхідність дослідження фізичних механізмів появи та рекомбінації триплетних екситонів у гетероструктурованих сцинтиляторах у зв'язку із можливістю варіації розмірів гранул, на основі яких вони виготовлені. В розділі 2 описано та обґрунтовано методи отримання досліджуваних зразків органічних сцинтиляторів, наведені методики проведення експериментальних досліджень із урахуванням особливостей, пов'язаних із виконанням задач дисертаційної роботи, приведені математичні засади використання запропонованих автором нових методів розрахунку здатності до розділення іонізуючих випромінювань за формою імпульсу. Для вивчення властивостей досліджуваних зразків були використані установки для вимірювання спектрів амплітуд сцинтиляцій, кінетики імпульсів радіолюмінесценції, визначення FOM сцинтилятора, а також вимірювання спектрів оптичного пропускання і люмінесценції. У якості досліджуваних зразків було обрано монокристалічні, полікристалічні та композиційні зразки на основі стильбену, п-терфенілу (як активованого, так і чистого) та антрацену різної геометрії (циліндричної або прямокутної) в залежності від особливостей проведення досліджень. Проведено варіацію розмірів гранул стильбену та п-терфенілу від 40 мкм до 2,5 мм. Виготовлено одношарові композиційні зразки із різними фракціями гранул у діапазоні від 40 мкм до 1 мм. У розділі 3 наведені типи та розміри зразків, які було використано у рамках дисертаційної роботи, приведені експериментальні дані досліджень, як оптичних так і із застосуванням іонізуючого випромінювання, для одношарових та об'ємних зразків. Проведено попереднє обговорення особливостей, які можна побачити на рисунках та оцінити якісно. Обговорено технічні особливості роботи установок, які могли призвести до виникнення тих чи інших змін у експериментальних даних і не пов'язаних із природою відгуку досліджуваних зразків. У розділі 4 проведено аналіз експериментальних даних, отриманих із застосуванням іонізуючого випромінювання, таких як спектри амплітуд сцинтиляцій, кінетика імпульсів радіолюмінесценції та визначення FOM досліджуваних зразків. Вперше показано наявність ізотропного розповсюдження триплетних екситонів у гетероструктурованих зразках, та доведено шляхом обчислення коефіцієнтів дифузії, що процес рекомбінації триплетних станів у гетероструктурованих сцинтиляторах із розміром гранул 1,7-2,2 мм проходить у межах однієї гранули. Числовими методами показано, що запропоновані автором дисертаційної роботи способи кількісної оцінки здатності до розділення іонізуючих випромінювань за формою імпульсу (як за точкою перегину, так і за апроксимацією швидкого компоненту) корелюють із фізичними властивостями досліджуваних сцинтиляторів і можуть бути використані в подальшому. Автором вперше поведено дослідження параметрів FOM для набору фракцій гранул, із яких складалися композиційні сцинтилятори на основі стильбену та чистого п-терфенілу, у діапазоні фракцій 0,1 мм – 2,5 мм.

2. The dissertation is devoted to determining the influence of the migration characteristics of triplet excitons in organic heterostructured scintillators, namely polycrystals and composite scintillators based on stilbene, p-terphenyl (both activated and unactivated) and anthracene, on their ability to separate by the form of a scintillation pulse (pulse shape discrimination, PSD) the signals from ionizing radiation with different specific energy losses dE/dx. In the work, the diffusion coefficients of triplet states in similar heterostructured scintillators were calculated for the first time, and it was also shown that the spatial dimensions of these coefficients are equal to 3, which indicates the isotropic nature of the propagation of these states. Also, proposed two simplified methods for

fast numerical determination of the ability of an organic scintillator, both single crystal and heterostructured, to separate ionizing radiation by pulse shape, namely by determining the inflection point and by approximating the fast component. It is proved theoretically and experimentally that the migration of triplet excitons can be limited by the geometric dimensions of the grain of a heterostructures scintillator, and it is shown that such a limitation leads to an increase in the recombination effect of triplet excitons due to their reflection from the boundaries of the grains if their initial number in the grain is sufficient. Chapter 1 presents the basic physical principles and mechanisms that describe the appearance and recombination of excited states in organic scintillators. The factors affecting the shape of the radioluminescence pulse are shown, the main scintillation parameters of the investigated substances and types of scintillators are given. A literature review was conducted on the ability to separate ionizing radiation based on the form of the scintillation pulse of the studied samples. The need to study the physical mechanisms of the appearance and recombination of triplet excitons in heterostructured scintillators is substantiated in connection with the possibility of variation in the sizes of the grains on the basis of which they are made. Chapter 2 describes and substantiates the methods of obtaining the studied samples of organic scintillators, the methods of conducting experimental studies taking into account the features related to the fulfillment of the tasks of the dissertation work, the mathematical principles of using the new methods proposed by the author for calculating the ability to separate ionizing radiation by pulse shape are given. In order to study the properties of the studied samples, we used installations for measuring the spectra of scintillation amplitudes, the kinetics of radioluminescence pulses, determining the FOM of the scintillator, as well as measuring the spectra of optical transmission and luminescence. Single crystal, polycrystalline, and composite samples based on stilbene, pterphenyl (both activated and pure) and anthracene, of different geometries (cylindrical or rectangular) were chosen as the studied samples, depending on the specifics of the research. The size of stilbene and p-terphenyl grains was varied from40 μmto 2.5 mm. Single-layer composite samples with different grain fractions in the range from 40 μm to 1 mm were produced. In chapter 3, the types and sizes of the samples that were used in the dissertation work are given, experimental data of both optical and ionizing radiation studies are given for single-layer and bulk samples. A preliminary discussion of the features that can be seen in the drawings and evaluated qualitatively was carried out. The technical features of the installations are discussed, which could lead to the occurrence of certain changes in the experimental data and are not related to the nature of the response of the studied samples. Chapter 4 analyzes experimental data obtained using ionizing radiation, such as scintillation amplitude spectra, radioluminescence pulse kinetics, and determination of the FOM of the studied samples. For the first time, the presence of isotropic propagation of triplet excitons in heterostructured samples was shown, and it was proved by calculating diffusion coefficients that the process of recombination of triplet states in heterostructured scintillators with a grain size of 1.7-2.2 mm takes place within one grain. Numerical methods show that the methods of quantitative assessment of the ability to separate ionizing radiation by pulse shape (both by the inflection point and by the approximation of the fast component) proposed by the author of the dissertation correlate with the physical properties of the studied scintillators and can be used in the future.

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 виробництва матеріалів, їх оброблення і з'єднання, створення індустрії наноматеріалів та нанотехнологій

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Galunov N.Z., & Khromiuk I.F. (2019). Separate detection of ionizing radiation with different specific energy losses by organic heterostructured scintillators. Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, серія «Фізика», 30, 10–16
- Galunov, N. Z., & Khromiuk, I. F., and Tarasenko, O. A. (2020). Features of pulse shape discrimination capability of organic heterogeneous scintillators. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 949, Article 162870
- Galunov, N.Z., Gryn, D., Karavaeva, N., Khromiuk, I.F., Lazarev, I.V., Navozenko, O.M., Naumenko, A.P., Tarasenko, O.A., & Yashchuk, V.M. (2020). Delayed radioluminescence of some heterostructured organic scintillators. Journal of Luminescence, 226, Article 117477
- Khromiuk, I.F., Karavaeva, N.L., Krech, A.V., Polupan, Ya. I., Tarasenko, O.A., & Galunov, N.Z. (2021). Heterostructured organic scintillators with a high pulse-shape discrimination capability for radioecology problems. Problems of Atomic Science and Technology, 3(133), 56–60
- Khromiuk, I.F., Karavaeva, N.L., Krech, A.V., Lazarev, I.V., Martynenko, Ye. V., Tarasenko, O.A., & Khabuseva, S.U. (2022). Composite scintillators based on organic grains and their pulse shape discrimination capability. Problems of Atomic Science and Technology, 5(141), 37–41
- Khromiuk, I., Galunov N., Karavaeva N., Krech A., Polupan Y., Tarasenko O., & Khabuseva S. (2023). Organic heterostructured scintillators with a high pulse shape discrimination capability, Optical Materials: X, 18, Article 100234

Наукова (науково-технічна) продукція: матеріали; методи, теорії, гіпотези

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

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0120U104034, 0123U102596, 0122U200141, 0123U101435

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тарасенко Олег Анатолійович
2. Oleh A. Tarasenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23756522

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Волошиновський Анатолій Степанович
2. Anatolii S. Voloshinovskii

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1229-4192

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет ім.І.Франка

Код за ЄДРПОУ: 02040987

Місцезнаходження: Університетська, 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Трефілова Лариса Миколаївна
2. Larysa Trefilova

Кваліфікація: д. ф.-м. н., 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8939-6491

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет цивільного захисту України

Код за ЄДРПОУ: 08571363

Місцезнаходження: вул. Чернишевська, буд. 94, Харків, Харківський р-н., 61023, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Державна служба України з надзвичайних ситуацій

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Жмурін Петро Миколайович
2. Petro Zhmurin

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-6187-6618

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23756522

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сорокін Олександр Васильович
2. Oleksandr Sorokin

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.10

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5990-4416

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23756522

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 60, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Єфімова Світлана Леонідівна
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Єфімова Світлана Леонідівна
Відповідальний за підготовку облікових документів	Сорокін Олександр Васильович
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності Юрченко Тетяна Анатоліївна