

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000440

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 17-01-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ковальчук Сергій Миколайович

2. Serhii Kovalchuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 132

Назва наукової спеціальності: Матеріалознавство

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Матеріалознавство

Дата захисту: 12-02-2024

Спеціальність за освітою: Динаміка і міцність

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 4320

**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:** 81.09.03

**Тема дисертації:**

1. Створення пластмасових сцинтиляторів великих габаритів на основі полістиролу з однорідними оптичними властивостями

2. Production of large-size polystyrene based plastic scintillators with uniform optical properties

**Реферат:**

1. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство галузі знань 13 Механічна інженерія. – Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України, Харків, 2023. Дисертація присвячена питанням отримання пластмасових сцинтиляторів на основі полістиролу великих габаритів з однорідними оптичними та сцинтиляційними властивостями. Створено пластмасові сцинтилятори підвищеної прозорості з однорідними оптичними властивостями. Отримані пластмасові сцинтилятори мають мінімальну кількість оптичних дефектів у вигляді свілей, технічна довжина затухання для зразків пластмасового сцинтилятора на основі полістиролу розміром 50x1000 мм складає 2 : 2,3 м. Також, отримані результати показують покращення мінімальної активності, що детектується, при опроміненні гама-квантами з енергією 59,2 кеВ від джерела іонізуючого випромінювання  $^{241}\text{Am}$  на 30 : 35 % для сцинтиляторів розміром

50x250x1000 мм. Визначено умови для отримання таких пластмасових сцинтиляторів. Також були отримано пластмасові сцинтилятори з низьким рівнем внутрішніх напружень за рахунок температурної термообробки та за рахунок антиадгезійного покриття форми для полімеризації. Це дозволило отримати однорідність спаду світлового сигналу на рівні 2 : 3 % для пластмасового сцинтилятора розміром 50x1000 мм. Також було отримано нейтрончутливий великогабаритний пластмасовий сцинтилятор на основі полістиролу розміром 100x110 мм з коефіцієнтом нейтрон-гама дискримінації на рівні 1,9. У ході проведення дослідження за темою дисертаційної роботи було отримано наступні результати: 1. Промодельовано конвекційний рух реакційної маси у процесі полімеризації стирулу. Обчислено залежність швидкості конвекційного руху реакційної маси від ширини ампули. Показано, що зміна ширини ампули з 600 мм до 300 мм дозволяє зменшити швидкість руху реакційної маси на 20 %. Зміна ширини ампули з 600 мм до 60 мм дозволяє зменшити швидкість руху реакційної маси в 10 разів 2. Показано, що при зменшенні ширини шару реакційної маси стирулу з 500 : 600 мм до 60 : 80 мм при градієнті температур 3 : 5 °C оптична неоднорідність, оцінена за наявністю дефектів у вигляді свілей, зменшується з 1-ї до 5-ї категорії, технічна довжина ослаблення світлового сигналу довгомірних сцинтиляторів зростає на 10 : 25 %. Мінімальна активність, що детектується, при опроміненні джерелами іонізуючого випромінювання  $^{241}\text{Am}$  з енергією гама-квантів 59,2 кеВ та  $^{137}\text{Cs}$  з енергією гама-квантів 662 кеВ, поліпшується на 30 : 35 %. 3. Відпрацьовано метод експрес-перевірки якості п-Терфенілу, який на етапі доочистки чи вхідного контролю дозволяє визначати придатність п-Терфенілу для виготовлення пластмасового сцинтилятора. Показано, що п-Терфеніл, придатний для отримання ПС, повинен мати показник кольоровості розплаву за платино-кобальтовою шкалою не більше 10 одиниць Хайзена. 4. Запропоновано температурні режими термообробки заготовок сцинтиляторів для отримання однорідних оптичних характеристик. Показано, що в результаті термообробки при температурі 100 °C впродовж 12 годин неоднорідність розподілу відносного світлового виходу вздовж пластмасового сцинтилятора на основі полістиролу розміром 50x1000 мм зменшується з 10 : 18 % до 3 %. 5. Запропоновано антиадгезійне покриття на основі політетрафторетилену внутрішньої поверхні металевих або скляних форм для отримання пластмасових сцинтиляторів (у тому числі нейтрончутливих пластмасових сцинтиляторів з високим вмістом активуючої добавки), яке дозволяє знизити внутрішні напруження, обумовлені контактною адгезією між пластмасовим сцинтилятором та поверхнею форми з 2,7 МПа до 0,6 МПа, що зменшує неоднорідність розподілу значення відносного світлового виходу вздовж довгомірного сцинтилятора до 3 %. 6. Визначено, що зразки пластмасових сцинтиляторів розміром 50x1000 мм з категорією свільності 5 та рівнем внутрішніх напружень менш ніж 0,55 МПа мають технічну довжину ослаблення світлового сигналу 2,3 : 2,5 м. Наукові результати, що були отримані вперше: 1. Промодельовано залежність поведінки конвекційних потоків реакційної маси при отриманні сцинтиляційної композиції на основі полістиролу від ширини форми для полімеризації, що дозволяє визначати наявність оптичної неоднорідності у вигляді свілей в об'ємі сцинтилятора. 2. Визначено умови отримання довгомірних пластмасових сцинтиляторів без свілей. Показано, що при зменшенні ширини шару реакційної маси при полімеризації стирулу з 600 : 500 мм до 60 : 80 мм при градієнті температур 3 : 5 °C технічна довжина ослаблення світлового сигналу для довгомірних сцинтиляторів на основі полістиролу зростає на 10 : 25 %. 3. Запропоновано температурні режими термообробки для довгомірних заготовок пластмасових сцинтиляторів. Визначено, що додаткова термообробка заготовок пластмасового сцинтилятора при температурі 100 °C зменшує неоднорідність розподілу показника відносного світлового виходу вздовж довгомірного сцинтилятора з 18 % до 3 %.

2. Thesis for obtaining the scientific degree of a Doctor of Philosophy by Programme Subject Area 132 Material Science of the Field of Study 13 Mechanical Engineering. – Institute for Scintillation Materials of National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, 2023. The thesis is devoted to the issues of obtaining large-size polystyrene based plastic scintillators with uniform optical and scintillation properties. Plastic scintillators of higher transparency with uniform optical properties were developed. The obtained plastic scintillators have a minimum quantity of optical defects in the form of striae, technical attenuation length is 2:2.3 m for samples of polystyrene based plastic scintillators dimensions  $\varnothing 50 \times 1000$  mm. Also, the obtained results show an improvement of the minimum detection activity during irradiation with gamma quanta with an energy of 59.2 keV from a  $^{241}\text{Am}$  ionizing radiation source

by 30 : 35 % for scintillators dimensions 50×250×1000 mm. The conditions for obtaining such plastic scintillators were defined. Plastic scintillators with a low level of internal stresses were also obtained due to temperature heat treatment and due to applying anti-adhesive coating to the polymerization mold. This made it possible to obtain the light signal decay uniformity at the level of 2:3 % for a 50×1000 mm plastic scintillator. In addition, a neutron-sensitive large-size polystyrene based plastic scintillator dimensions 100×110 mm was obtained with the  $n/\sigma$  discrimination coefficient at the level of 1.9. During the research on the topic of the thesis, the following results were obtained: 1. The convection movement of the reaction mass during styrene polymerization was modeled. The dependence of the speed of the convection movement of the reaction mass on the ampoule width was calculated. It was shown that changing the width of the ampoule from 600 mm to 300 mm allows reducing the speed of the movement of the reaction mass by 20 %. Changing the width of the ampoule from 600 mm to 60 mm allows reducing the speed of the movement of the reaction mass by 10 times. 2. It was shown that with a reduced width of the layer of the styrene reaction mass from 500:600 mm to 60:80 mm and a temperature gradient of about 3:5 °C, optical non-uniformity assessed by the presence of defects in the form of striae decreases from the 1st to the 5th category, technical attenuation length of the light signal of long scintillators increases by 10:25 %. The minimum detection activity during irradiation with <sup>241</sup>Am ionizing radiation source with gamma quanta energy of 59.2 keV and <sup>137</sup>Cs ionizing radiation source with gamma quanta energy of 662 keV improves by 30:35 %. 3. A method of express quality control for p-Terphenyl was developed, which, at the stage of post-cleaning or incoming control, allows determining the suitability of p-Terphenyl for the production of plastic scintillator. It was shown that the p-Terphenyl suitable for the production of PS must have a melt color index on the platinum-cobalt scale of no more than 10 Hazen units. 4. Temperature regimes for heat treatment scintillator blanks to obtain uniform optical characteristics were proposed. It was shown that as a result of an heat treatment at a temperature of 100 °C for 12 hours, the non-uniformity of the relative light output distribution along a polystyrene based plastic scintillator dimensions 50×1000 mm decreases from 10:18 % to 3 %. 5. An anti-adhesive coating based on polytetrafluoroethylene for the inner surface of metal or glass molds for production of plastic scintillators (including neutron-sensitive plastic scintillators with a high content of activating additive) was proposed, which allows reducing internal stresses caused by the contact adhesion between the plastic scintillator and the surface of the mold from 2.7 MPa to 0.6 MPa, which reduces the non-uniformity of the relative light output distribution along a long scintillator to 3 %. 6. It was determined that plastic scintillator samples dimensions 50×1000 mm with striae category 5 and an internal stress level of less than 0.55 MPa have a technical attenuation length of the light signal of 2.3:2.5 m. Scientific results obtained for the first time: 1. The dependence of the behavior of the convection flows of the reaction mass during the production of polystyrene based scintillation composition on the width of the polymerization mold was modeled, which allows determining the presence of optical non-uniformity in the form of striae in the scintillator's volume. 2. The conditions for obtaining long plastic scintillators without striae were determined. It was shown that with a reduced width of the layer of the reaction mass during styrene polymerization from 600:500 mm to 60:80 mm at a temperature gradient of 3:5 °C, technical attenuation length of the light signal of long polystyrene based scintillators increases by 10:25 %.

**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:**

- Demonstrating a single-block 3D-segmented plastic-scintillator detector / A. Boyarintsev, A. De Roeck, S. Dolan, A. Gendotti, B. Grynyov, U. Kose, S. Kovalchuk, T. Nepokupnaya, A. Rubbia, D. Sgalaberna, T. Sibilieva X. Y. Zhao // Journal of Instrumentation. – 2021. – v. 16. – P12010. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748->

0221/16/12/P12010

- Production of large-size polystyrene based plastic scintillators with uniform optical properties / A.Yu. Boyarintsev, A.V. Kolesnikov, S.N. Kovalchuk, I.S. Nevliudov // Functional Materials. – 2021. – v. 28, № 4. – P. 758-763. DOI: <https://doi.org/10.15407/fm28.04.758>
- Large-sized neutron-sensitive plastic scintillator / P.M. Zhmurin, D.A. Yeliseiev, O.V. Yeliseieva, V.D. Alekseev, Yu.O. Hurkalenko, S.M. Kovalchuk // Functional Materials. – 2023. – v. 30, № 1. – P. 115-118 DOI: <https://doi.org/10.15407/fm30.01.115>
- Підвищення рівномірності характеристик пластмасового сцинтилятора за рахунок зменшення внутрішніх напружень / С.М. Ковальчук, А.Ю. Бояринцев // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Фізика». – 2021. – т. 35. – С. 34-39. DOI: <https://doi.org/10.26565/2222-5617-2021-35-05>

**Наукова (науково-технічна) продукція:** матеріали

**Соціально-економічна спрямованість:** збільшення обсягів виробництва; економія матеріалів; підвищення продуктивності праці

**Охоронні документи на ОПВ:**

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

Пристрій для виготовлення пластмасових сцинтиляторів на основі вінілароматичних полімерів / Ковальчук С., Бояринцев А., Єлісеєв Д. // Корисна модель Україна №152674 від 29.03.2023, заявка № u202202885 МПК G01T 1/203 заявл. 12.08.2022

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0117U001285, 0120U102640, 0120U102655

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Бояринцев Андрій Юрійович
2. Andrii Y. Bojarintsev

**Кваліфікація:** д. т. н., с.д., 05.02.01

**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. Юрженко Максим Володимирович
2. Maksym V. Yurzhenko

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.03.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-5535-731X

### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України

**Код за ЄДРПОУ:** 05416923

**Місцезнаходження:** вул. Казимира Малевича, буд. 11, Київ, 03150, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

### Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Авраменко Вячеслав Леонідович
2. Vyacheslav L. Avramenko

**Кваліфікація:** к.т.н., професор, 05.17.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6968-1321

### Додаткова інформація:

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071180

**Місцезнаходження:** вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## Рецензенти

### 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:** 0000-0002-8152-2198

### 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. Креч Антон Владиславович

2. Anton V. Krech

**Кваліфікація:** к. т. н., 05.02.01

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0513-8880

**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**

Сідлецький Олег Цезаревич

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Сідлецький Олег Цезаревич

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Сорокін Олександр Васильович

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна