Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U004451

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-08-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сібілєв Микола Львович

2. Mykola L. Sibiliev

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0003-1593-4850

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: 04-09-2026

Спеціальність за освітою: Будівництво та цивільна інженерія

Місце роботи здобувача: Інститут сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23756522

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 16395

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

Код за ЄДРПОУ: 23756522

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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, Харків, Харківський р-н., 61072, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 31.25.19.05, 59.43.33, 61.61.29, 29.15.35

Тема дисертації:

1. Отримання комбінованих сцинтиляційних елементів методом 3D-друку

2. Obtaining combined scintillation elements by 3D printing

Реферат/анотація:

1. Дисертацію присвячено питанням отримання методом адитивних технологій (3D-друк) комбінованих сцинтиляторів, зокрема у вигляді композиційних, багатошарових та гетерогенних сцинтиляторів. В роботі розроблено матеріали, досліджено технологічні процеси і способи формування в єдиному технологічному циклі 3D-друку методом FDM (Fused Deposition Modeling) комбінованих сцинтиляторів з використанням матеріалів з різними функціональними властивостями. Існуючі способи виготовлення сцинтиляторів мають особливості, які знижують продуктивність їх виробництва, технологічну гнучкість і економічну ефективність. Традиційні методи, які ґрунтуються на виробництві детекторів шляхом вирізання з монокристалів, потребують багато часу, складного енергоємного технологічного процесу. Створення тонкошарових детекторів з монокристалів ускладнено, оскільки такі матеріали характеризуються високою крихкістю, важко піддаються механічній обробці та мають обмеження в створенні виробів складної конструкційної

конфігурації. Іншою проблемою сучасних традиційних способів виготовлення комбінованих детекторів, які поєднують різні функціональні матеріали та компоненти з різними властивостями (наприклад, пошарові сцинтиляційні елементи, гетерогенні детектори типу «Шашлик» та «Сендвіч») є те, що вони потребують трудомісткого багатостадійного виробництва, починаючи від створення окремих елементів з різних матеріалів до складного збирання окремих шарів в єдиний детектор. В даній роботі для вирішення цих проблем пропонується використання сучасних адитивних технологій. 3D-друк дозволяє виконувати швидке прототипування детекторів різного складу за короткий цикл виробництва, починаючи з формування 3D-моделі необхідної конфігурації і закінчуючи друком готового виробу. Метод FDM дає можливість виконувати 3D-друк різними функціональними матеріалами в єдиному технологічному циклі, що розширяє можливості створення універсальних сцинтиляторів із комбінованими властивостями. Адитивні методи виробництва мають високу економічну ефективність завдяки простоті та швидкості виконання, відсутності трудомістких та енергоємних процесів і можливості використання композиційних матеріалів, створених на основі порошкових матеріалів та технологічних залишків виробництва кристалічних неорганічних сцинтиляторів. 3D-друк методом FDM є екологічно безпечним, оскільки він фактично не створює непереробних відходів завдяки термопластичним матеріалам, які дозволяють їх повторне використання. При цьому використання методу FDM 3D-друку для створення сцинтиляційних детекторів не є достатньо розробленим. Існуючі роботи стосуються здебільшого лише друку органічних пластмасових сцинтиляторів. Для розширення сфери застосування FDM на виготовлення комбінованих детекторів, зокрема у вигляді композиційних та багатошарових гетерогенних сцинтиляторів, необхідна розробка відповідних матеріалів та способів створення з них філаментів, які відповідають вимогам використання у FDM 3D принтерах. Така робота включає аналіз гранулометричного складу порошків неорганічних сцинтиляційних матеріалів та підбор полімерного сполучника відповідно до функціонального призначення композиційних матеріалів. Наприклад, сцинтиляційні та світлопровідні матеріали для 3D-друку потребують прозорості; абсорбційні та світловідбиваючі, для яких необхідна максимальна наповненість твердими гранулами – еластичності; матеріали для друку тонкошарових сцинтиляторів – пружності, тощо. Для забезпечення ефективності виконання надрукованим детектором поставлених задач необхідно дослідження впливу технологічних параметрів 3D-друку на функціональні та геометричні властивості надрукованих елементів. В дисертаційній роботі розроблено метод виготовлення композиційних сцинтиляційних філаментів із використанням гранул неорганічних сцинтиляційних матеріалів (ZnSe:Al, GOS:Pr, GAGG:Ce, CsI:Tl, ZnS:Ag (з конверторами та без)), диспергованих у полімерних матрицях (PS, PMMA). При цьому можливе використання порошкових матеріалів та технологічних залишків виробництва традиційних кристалічних сцинтиляторів для підвищення економічної ефективності відповідних виробництв. З композиційного матеріалу методом FDM 3D друку виготовлено зразки тонкошарових сцинтиляторів. На прикладі надрукованих композиційних сцинтиляторів на основі ZnSe:Al показано, що при реєстрації рентгенівського випромінювання максимальний світловий вихід забезпечується при розмірі гранул наповнювача (100 140) мкм з масовою концентрацією (50 60) % і товщиною зразків (0,8 1,0) мм. Їх відносний світловий вихід по відношенню до монокристалу ZnSe:Al становить 72 %. Відносний світловий вихід при реєстрації α випромінювання сягає 94 % при розмірі гранул (20-63) мкм та концентрації 50 % при товщині зразків 0,2 мм. Відносний світловий вихід при реєстрації α-випромінювання сягає 98 % при розмірі гранул (100 300) мкм та концентрації 50 % при товщині зразків 1 мм.

2. The thesis is devoted to the issues of obtaining combined scintillators using additive technologies (3D printing), in particular in the form of composite, multilayer and sampling scintillators. This work develops materials, investigates technical processes and methods for forming combined scintillators using materials with different functional properties in a single technological cycle of 3D printing using the FDM (Fused Deposition Modeling) method. Existing methods for manufacturing scintillators have features that reduce their production productivity, technological flexibility, and economic efficiency. Traditional methods based on the production of detectors by cutting from single crystals require a long time, complex energy-intensive technological process. The creation of thin-film detectors from single crystals is complicated, since such materials are characterized by high fragility, are difficult to machine and have limitations in creating products with complex structural configurations. Another

problem with current traditional methods of manufacturing combined detectors that combine different functional materials and components with different properties (e.g., layered scintillation elements, sampling detectors of the "Shashlik" and "Sandwich" types) is that they require labor-intensive multi-stage production, ranging from creating individual elements from different materials to the complex assembly of individual layers into a single detector. This work proposes the use of modern additive technologies to solve these problems. 3D printing allows for rapid prototyping of detectors of various compositions in a short production cycle, starting with the formation of a 3D model of the required configuration and ending with the printing of the finished product. The FDM method makes it possible to perform 3D printing with various functional materials in a single technological cycle, which expands the possibilities of creating universal scintillators with combined properties. Additive manufacturing methods have high economic efficiency due to their simplicity, speed of execution, lack of labor-intensive and energy-intensive processes, and the possibility of using composite materials created on the basis of powder materials and technological residues from the production of crystalline inorganic scintillators. FDM 3D printing is environmentally friendly as it produces almost no non-recyclable waste thanks to thermoplastic materials that allow for their reuse. However, the use of the FDM 3D printing method to create scintillation detectors is not sufficiently developed. Existing works mainly concern only the printing of organic plastic scintillators. To expand the scope of FDM to the manufacture of combined detectors, in particular in the form of composite, multilayer and sampling scintillators, it is necessary to develop appropriate materials and methods for creating filaments from them that meet the requirements for use in FDM 3D printers. Such work includes the analysis of the particle size composition of powders of inorganic scintillation materials and the selection of a polymer binder in accordance with the functional purpose of the composite materials. For example, scintillating and light-conducting materials for 3D printing require transparency, absorbent and reflective materials, which require maximum filling with solid granules, require elasticity, materials for printing thin-layer scintillators require elasticity, etc. To ensure the effectiveness of the printed detector in performing the tasks set, it is necessary to investigate the influence of technological parameters of 3D printing on the functional and geometric properties of printed elements. In the thesis work, a method for manufacturing composite scintillation filaments using granules of inorganic scintillation materials (ZnSe:Al, GOS:Pr, GAGG:Ce, CsI:Tl ZnS:Ag (with and without converters)) dispersed in polymer matrices (PS, PMMA) has been developed. At the same time, it is possible to use powder materials and technological residues from the production of traditional crystalline scintillators to increase the economic efficiency of the relevant productions. Samples of thin-layer scintillators were made from composite material using the FDM 3D printing method. Using the example of printed composite scintillators based on ZnSe:Al, it is shown that when registering X-ray radiation, the maximum light output is ensured at a filler granule size of (100 140) μm with a mass concentration of (50 60) % and a sample thickness of (0.8 1.0) mm. Their relative light output compared to a ZnSe:Al single crystal is 72 %. The relative light output when registering □ radiation reaches 94 % with a grain size of (20-63) μm and a concentration of 50 % with a sample thickness of 0.2 mm. The relative light output when registering □ radiation reaches 98 % with a grain size of (100-300) μm and a concentration of 50 % with a sample thickness of 1 mm.

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. T. Sibilieva, V. Alekseev, S. Barsuk, S. Berns, E. Boillat, I. Boiaryntseva, A. Boyarintsev, A. Carbone, A. De Roeck, S. Dolan, T. Driuk, A. Gendotti, I. Gerasymov, B. Grynyov, S. Hugon, U. Kose, O. Opolonin, A. Rubbia, D. Sgalaberna, M. Sibilyev, S. Tretyak, T. Weber, J. Wuthrich, X. Zhao. 3D printing of inorganic scintillator-based

particle detectors. 2023, JINST 18, P03007. https://doi.org/10.1088/1748-0221/18/03/P03007
- 2. M. Sibilyev, S. Barsuk, A. Boyarintsev, A. Carbone, O. Kolesnikov, T. Sibilieva, Development of material and method for 3D printing an absorber for a sampling detector, Funct. Mater. 2024; 31 (4): 592-600. DOI:10.15407/fm31.04.592
- 3. P.M. Zhmurin, V.O. Tarasov, A.Yu. Boyarintsev, T.G. Sibilieva, M.L. Sibilyev, D.A. Yelisieiev, V.D. Alekseev, Yu.O. Hurkalenko, Scintillation element for thermal neutron detection based on ZnS:Ag/carborane material, Funct. Mater., 2025; 32: 272-276, doi:https://doi.org/10.15407/fm32.02.272
- 4. M.L. Sibilyev, A.Yu. Boyarintsev, O.V. Kolesnikov, V.O. Novgorodtsev, T.G. Sibilieva, 3D printing of a scintillation element for thermal neutron detection based on ZnS:Ag/B2O3, Funct. Mater. 2025; 32 (4): 705-714. https://doi.org/10.15407/fm32.04.705
- 5. M.L. Sibilyev, O.V. Kolesnikov, V.O. Novgorodtsev, T.G. Sibilieva, 3D printing of heterogeneous detector elements for registering high-energy particles, Funct. Mater. 2026; 33: 127-134, https://doi.org/10.15407/fm33.01.127
- 8. M.L. Sibilyev, O.V. Kolesnikov, A.Yu. Boyarintsev, T.G. Sibilieva Development of 3D printing technology for constituent elements of the Shaslyk-type detectors with improved energy resolution, International workshop for young scientists «Functional materials for technical and biomedical applications». Kharkiv, Ukraine, September 18 – 20, 2023
- 9. Т.Г. Сібілєва, М.Л. Сібілєв, О.В. Єлісєєва, В.Д. Алексєєв. Комбіновані детектори поліметилметакрилат/ZnS:Ag для реєстрації швидких нейтронів та альфа-випромінювання, II Міжнародна науково-практична конференція «Achievements of 21st Century Scientific Community». Збірник тез: 16-17 вересня 2024р., Дніпро, Україна. С.229-231
- 10. О.В. Єлісєєва, Ю.О. Гуркаленко, М.Л. Сібілєв, І.О. Мельник. Сцинтиляційний елемент для реєстрації теплових нейтронів, LXXX Міжнародна інтернет-конференція «Innovations of modern sciences». Збірник тез: 29 30 листопада 2024 р., Люблін, Польща
- М.Л. Сібілєв, О.В. Колесніков, Т.Г. Сібілєва. Розробка матеріалу та методу 3d друку абсорберу для гетерогенного детектора. International scientific-practical conference modern science: problems, prospects, innovations, December 21, 2024, Aarhus, Denmark, c. 37-40.
- 12. M.Sibilyev, A.Boyarintsev, O.Kolesnikov, T.Sibilieva, D.Yelisieiev P.Zhmurin, 3D printing of a scintillation element for thermal neutron detection based on ZnS:Ag/boron, International workshop for young scientists «Functional materials for technical and biomedical applications», October 14-16, 2025, Lviv.
- 13. М.Л. Сібілєв, О.В. Колесніков, Т.Г. Сібілєва, 3D-друк композиційних сцинтиляторів, Міжнародна науково-практична конференція «International experience in scientific research», 23-25.10.2025 р., Чикаго, США.

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:

Винаходи, корисні моделі, промислові зразки

1. Патент України на корисну модель. Сцинтиляційний модуль гетерогенного детектору, отриманого 3D-друком. / Сібілєв М.Л., Колесніков О.В., Сібілєва Т.Г. № 158289 від 16.01.2025. 2. Патент України на винахід «Сцинтиляційний елемент для реєстрації теплових нейтронів» № 130763 від 06.05.2026/ Жмурін П.М., Бояринцев А.Ю, Сібілєва Т.Г., Сібілєв М.Л., Алексєєв В.Д., Єлісєєв Д.А., Єлісєєва О.В.

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0117U000988, 0123U100989

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Колесніков Олександр Володимирович

2. Oleksandr V. Kolesnikov

Кваліфікація: к. т. н., 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8702-6622

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 23756522

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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, член-кор. НАН України, 05.03.06

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

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона Національної академії науки України

Код за ЄДРПОУ: 05416923

Місцезнаходження: вул. Казимира Малевича, Київ, 03150, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Згалат-Лозинський Остап Броніславович

2. OSTAP B. ZGHALAT-LOZYNSKYI

Кваліфікація: д. т. н., член-кор. НАН України, 05.16.06

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7013-5010

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05416930

Місцезнаходження: вул. Омеляна Пріцака, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Чергинець Віктор Леонідович
2. Victor L. Cherginets

Кваліфікація: д.х.н., професор, 02.00.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2308-8979

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 23756522

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лазарєв Ігор Вікторович
2. Ihor V. Lazariev

Кваліфікація: к. т. н., 05.02.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7572-1764

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 23756522

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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