

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0226U004504

Державний реєстраційний номер: 0125U003423

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 16-09-2026

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 2

Назва етапу: Дослідження 3D надрукованих зразків методами FIM та FDM, для вирішення задач нових експериментів.

Початок етапу: 10.2025

Закінчення етапу: 09.2026

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

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

Код за ЄДРПОУ: 23756522

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

Форма власності:

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 380573410161, 380573404474

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Швейцарський національний науковий фонд

Код за ЄДРПОУ: 2465875997

Місцезнаходження: Вільдхайнвег 3, Берн, СН-3001, Швейцарія

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Розмір організації:

Телефон: 41313082222

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 09 - договір із закордонним замовником

Напрямок фінансування: 2.5 - програми і проекти у сфері міжнародного науково-технічного співробітництва

Джерела фінансування

7716 - кошти замовників іноземних держав

Фактичний обсяг фінансування (тис. євро): 52.920
--

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

3D-друк детекторів частинок на основі пластикових сцинтиляторів.

Назва роботи англійською:

3D printing of plastic scintillator based particle detectors.

Реферат українською:

У роботі були розроблені філаменти різного функціонального призначення (світловідбиваючі, сцинтиляційні та поглинаючі) для 3D-друку детекторів іонізуючих випромінювань. На основі розроблених філаментів було 3D-надруковано дослідні зразки та проведено їх дослідження. Розроблено світловідбиваючі філаменти на основі полікарбонату (ПК) та поліметилметакрилату (ПММА) із світловідбиваючими добавками, такими як діоксид титану (TiO_2) і політетрафторетилен (ПТФЕ). Оптичні вимірювання показали, що для філаментів на основі ПК оптимальний склад складався з TiO_2 (10%) + ПТФЕ (5%), що забезпечував на довжині хвилі 420 нм відбивну здатність 85,5% та пропускання до 0,04% для зразка товщиною 1,0 мм. Для філаментів на основі ПММА з 15% TiO_2 було отримано відбивну здатність 92,0% для зразка товщиною 0,2 мм. Додавання ПТФЕ до ПММА не покращило характеристики, ймовірно, через менший коефіцієнт поглинання світла та вищу прозорість матриці ПММА. У таких оптично прозорих середовищах багатокомпонентні поєднання можуть не дати додаткової переваги, хоча цей результат також може залежати від конкретних умов 3D-друку та параметрів обробки. Додаткові вимірювання були отримані шляхом впливу космічних променів на прототипи пластикових сцинтиляторів (SuperLayers та SuperCube), надруковані на 3D-принтері. Світловідбивачі на основі як ПММА, так і ПК продемонстрували чудову оптичну ізоляцію, із середнім рівнем перехресних світлових перешкод між кубами нижче 1%. Сцинтиляційні філаменти, придатні для FDM-друку, були успішно виготовлені шляхом екструзії з комерційних гранул полістиролу та досліджені на радіаційну стійкість. 3D-надруковані сцинтилятори з полістиролу продемонстрували радіаційну стійкість не нижчу, ніж у класичних сцинтиляторах на основі полістиролу. Додавання 3HF підвищує радіаційну стійкість до оціночних значень $D_{1/2} \sim 16,4$ Мрад. Для створення філаменту з введеними нейтрон-чутливими добавками було відпрацьовано методику синтезу боровмісної органіки.

Реферат англійською:

Filaments for different functional purposes (reflective, scintillating, and absorbing) were developed for 3D printing ionizing-radiation detectors. Test samples were 3D printed using the developed filaments and their properties were investigated. Reflective filaments based on polycarbonate (PC) and polymethyl methacrylate (PMMA) with reflective additives such as titanium dioxide (TiO_2) and polytetrafluoroethylene (PTFE) were developed. Optical measurements showed that, for PC-based filaments, the optimal composition was TiO_2 (10%) + PTFE (5%), providing a reflectance of 85.5% and transmission of up to 0.04% at a wavelength of 420 nm for a 1.0 mm thick sample. For PMMA-based filaments containing 15% TiO_2 , a reflectance of 92.0% was obtained for a 0.2 mm thick sample. Adding PTFE to PMMA did not improve the properties, probably because of the lower light-absorption coefficient and higher transparency of the PMMA matrix. In such optically transparent media, multicomponent combinations may not provide an additional benefit, although this result may also depend on the specific 3D-printing conditions and processing parameters. Additional measurements were obtained by exposing 3D-printed plastic scintillator prototypes (SuperLayers and SuperCube) to cosmic rays. Reflectors based on both PMMA and PC demonstrated excellent optical isolation, with the average optical crosstalk between cubes below 1%. Scintillation filaments suitable for FDM printing were successfully produced by extrusion from commercial polystyrene pellets and tested for radiation hardness. The 3D-printed polystyrene scintillators demonstrated radiation hardness no lower than that of conventional polystyrene-based scintillators. The addition of 3HF increased the radiation hardness to an estimated $D_{1/2}$ value of ~ 16.4 Mrad. A synthesis method for boron-

containing organic compounds was developed for producing filament with incorporated neutron-sensitive additives.

Індекс УДК: , 661:548.55; 661.539.1.074; 661.143, УДК 539.1.074.88:546.132.

Коди тематичних рубрик: 19.51.55, 61.69.37

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові: Бояринцев Андрій Юрійович

Науковий ступінь: д. т. н.

Вчене звання:

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Звіт про науково-дослідну роботу «3D-друк детекторів частинок на основі пластикових сцинтиляторів». Етап 2.

Назва НТП англійською: Report on research work «3D printing of plastic scintillator based particle detectors». Stage 2.

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Інше (Звіт)

Галузь застосування: 72.19 Дослідження й експериментальні розробки у сфері інших природничих і технічних наук.

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Були розроблені філаменти різного функціонального призначення (світловідбиваючі, сцинтиляційні та поглинаючі) для 3D-друку детекторів іонізуючих випромінювань. На основі розроблених філаментів було 3D-надруковано дослідні зразки та проведено їх дослідження. Розроблено світловідбиваючі філаменти на основі полікарбонату (ПК) та поліметилметакрилату (ПММА) із світловідбиваючими добавками, такими як діоксид титану (TiO₂) і політетрафторетилен (ПТФЕ). Сцинтиляційні філаменти, придатні для FDM-друку, були успішно виготовлені шляхом екструзії з комерційних гранул полістиролу та досліджені на радіаційну стійкість. 3D-надруковані сцинтилятори з полістиролу продемонстрували радіаційну стійкість не нижчу, ніж у класичних сцинтиляторах на основі полістиролу, а додавання ZHF підвищує радіаційну стійкість до оціночних значень D1/2 ~16,4 Мрад. Розроблено філаменти поглиначів і проведено 3D-друк зразків. Оптимальним складом є PETG з вмістом W 92 мас.% (приблизно 43 об.% W; теоретична щільність нитки: 9 г/см³).

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту, Поліпшення стану навколишнього середовища, Поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих, Підвищення автоматизації виробничих процесів

Вплив НТП на довкілля: Розробка та результати проєкту дозволяють зменшити кількість залишків від обробки класичних сцинтиляційних матеріалів, що позитивно впливає на довкілля.

Впровадження НТП: Не впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 01.2027

Закінчення етапу: 12.2027

Споживачі продукції: Компанії сцинтиляційного приладобудування.

Перспективні ринки: Зарубіжні ринки (США та країни західного Євросоюзу).

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:

ІХ. Бібліографічний опис

- 1) Sibilieva, A. Boyarintsev, A. Krech, M. Sibilyev, S. Minenko, N. Karavaeva, L. Zosimova and 3DET collaboration, Development of Reflective Filaments from Polycarbonate with PTFE and TiO₂ Additives for 3D Printing of Finely Segmented Plastic Scintillators // Functional Materials, 31, No.4 (2024), p.646.
<http://dx.doi.org/10.15407/fm31.04.646> (Q4)
- 2) A. Krech, A. Boyarintsev, B. Grynyov, N. Karavaeva, S. Minenko, T. Sibilieva, M. Sibilyev. A new white reflector filament for the additive manufacturing of 3D printing of finely-segmented plastic scintillators // International workshop for young scientists "Functional materials for technical and biomedical applications", October 14–16, 2025, Lviv, Ukraine, p.19.
- 3) A. Krech, A. Boyarintsev, B. Grynyov, N. Karavaeva, T. Sibilieva, M. Sibilyev, and the 3DET collaboration. Development of filaments for the additive manufacturing of 3D-printed finely segmented plastic scintillators // Proceedings “XXIV Conference of High Energy Physics and Nuclear Physics”, March, 2026, Kharkiv, Ukraine, p. 71.
<https://doi.org/10.46813/pc-hepnp/2026-071>
- 4) A. Krech, S. Berns, E. Boillat, A. Boyarintsev, T. Dieminger, B. Grynyov, S. Hugon, N. Karavaeva, U. Kose, B. Li, S. Minenko, A. De Roeck, A. Rubbia, D. Sgalaberna, T. Sibilieva, M. Sibilyev, T. Weber, J. Wüthrich, X. Zhao. A new diffuse reflector filament for additive manufacturing of 3D printing finely-segmented plastic scintillator // JINST (на рецензії) (Препринт роботи опубліковано в ArXiv ePrint: arXiv:2604.26033v1,
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2604.26033>

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Гриньов Борис Вікторович
Д. Т. Н.

Перелік осіб-виконавців

Бояринцев Андрій Юрійович
(Д. Т. Н., 05.02.01)

Караваєва Наталія Леонідівна
(К. Т. Н.)

Креч Антон Владиславович
(К. Т. Н., С.Д.)

Сібілева Тетяна Григорівна
(Д.Філософ)

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Сорокін Олександр Васильович

Телефон

057-341-01-50

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна