

Голові разової спеціалізованої
вченої ради Інституту
сцинтиляційних матеріалів НАН
України, доктору фізико-
математичних наук, старшому
науковому співробітнику відділу
гетероструктурованих матеріалів
Інституту сцинтиляційних
матеріалів НАН України
Тарасенко Олегу Анатолійовичу

ВІДГУК

офіційного опонента – члена-кореспондента НАН України, завідувача відділу зварювання пластмас Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, доктора технічних наук, професора Юрженка Максима Володимировича на дисертаційну роботу Єлісеєвої Оксани Володимирівни «Розроблення шляхів підвищення радіаційної стійкості пластмасового сцинтилятора», подану до захисту у разову спеціалізовану вчену раду Інституту сцинтиляційних матеріалів Національної академії наук України на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство в галузі знань 13 Механічна інженерія

Актуальність обраної теми дисертації

Пластмасові сцинтилятори широко використовуються для виготовлення різноманітних детекторів іонізуючого випромінювання. У сучасних фізичних дослідженнях, що проводяться на Великому адронному колайдері, сцинтилятори піддаються значним радіаційним навантаженням, які можуть досягати десятків Мрад. Однак традиційні пластмасові сцинтилятори на основі полістиролу, як правило, характеризуються низькою радіаційною стійкістю від 1 Мрад до 5 Мрад. У зв'язку з цим актуальним завданням є розробка ефективних підходів до підвищення радіаційної стійкості пластмасових сцинтиляторів.

Дисертаційна робота Єлісеєвої Оксани Володимирівни направлена на вирішення питань підвищення радіаційної стійкості пластмасових сцинтиляторів на основі полістиролу.

У роботі проведено дослідження основних напрямів модифікації пластмасових сцинтиляторів з метою покращення їх радіаційної стійкості. Розроблено пластмасові сцинтилятори з радіаційною стійкістю до 49 Мрад (доза половинного ослаблення світлового виходу), при цьому збережено

світловий вихід та механічні властивості матеріалу на рівні придатному для функціонального застосування.

Вважаю тему дисертаційної роботи Єлісеєвої Оксани Володимирівни актуальною, оскільки отримані в ній сцинтиляційні матеріали можуть значно розширити ряд доступних радіаційностійких пластмасових сцинтиляторів, забезпечити можливість підбору матеріалу під конкретні експерименти та відповідатимуть зростаючим вимогам сучасних досліджень у галузі фізики високих енергій.

Загальна характеристика роботи та отриманих у ній результатів

Кваліфікаційна наукова праця, що подана на рецензію, складається зі вступу, п'яти розділів, висновків та списку використаних джерел літератури. Загальний обсяг складає 213 сторінок. Обсяг основного тексту (вступ, розділи дисертації та висновки) становить 127 сторінок друкованого тексту. Дисертація містить 24 таблиці, 35 рисунків та 3 додатки. Список використаних джерел літератури складає 148 найменувань.

У першому розділі проведено огляд літературних джерел, на основі якого визначено актуальність виконання дисертаційного дослідження. В ньому автор розглядає існуючі шляхи та способи підвищення радіаційної стійкості пластмасових сцинтиляторів.

У другому розділі наведено синтез люмінесцентних добавок, зшиваючих агентів і посилювачів дифузії та методики отримання експериментальних зразків радіаційностійких пластмасових сцинтиляторів. Також зазначені методи дослідження сцинтиляційних та механічних характеристик отриманих матеріалів.

У третьому розділі представлено результати досліджень з підвищення радіаційної стійкості пластмасових сцинтиляторів за рахунок використання як активаторів фторпохідних 3-гідроксифлавонолу. В таблицях вказані світлові виходи до та після опромінення, а також дози половинного ослаблення світлового виходу зразків пластмасових сцинтиляторів.

У четвертому розділі надано результати розроблення радіаційностійких пластмасових сцинтиляторів за рахунок одночасного використання у його складі підсилювачів дифузії та зшиваючих агентів. Отримано зразки та досліджено їх радіаційну стійкість та механічні властивості в залежності від концентрації зазначених добавок.

У п'ятому розділі розглянуто підвищення радіаційної стійкості пластмасових сцинтиляторів за рахунок використання полісилоксанових основ. Отримано пластмасові сцинтилятори з дозою половинного ослаблення світлового виходу ($D_{1/2}$) до 60 Мрад.

Висновки, зроблені у дисертаційній роботі, ґрунтуються на проведених експериментах і повністю відповідають визначеним завданням дослідження – розробити шляхи підвищення радіаційної стійкості пластмасового сцинтилятора за рахунок використання активаторів з великим зсувом Стоксу, одночасного введення до його складу посилювачів дифузії та зшиваючих агентів, а також використання більш радіаційностійких невінілароматичних полімерних основ.

Значимість дослідження для науки

Наукова новизна результатів, одержаних здобувачкою, полягає у розробленні шляхів підвищення радіаційної стійкості пластмасового сцинтилятора, які дозволяють отримувати радіаційностійкий сцинтиляційний полімерний матеріал з достатнім світловим виходом та механічними властивостями, що забезпечують його якісну обробку.

При виконанні дисертаційної роботи автором вперше:

- Розроблено та отримано ряд нових люмінесцентних добавок з великим зсувом Стоксу – похідних 3-гідроксифлаону. Показано, що введення одного або двох атомів фтору в будь-яку частину молекули 3-гідроксифлаону та його 4'-фенілпохідного не впливає на характер спектрів люмінесценції. Максимум люмінесценції зазнає батофлорного зсуву на 5–10 нм лише після заміни чотирьох атомів водню на фтор. Часові характеристики сцинтиляційного імпульсу пластмасових сцинтиляторів, активованих фторпохідними 3-гідроксифлаону, що містять один, два або чотири атоми фтору, не зазнають змін, при цьому час загасання для всіх зразків становить 7,6 нс.

- Продемонстровано, що використання фтор-, феніл- та фторфенілпохідних 3-гідроксифлаону як активаторів пластмасового сцинтилятора дозволяє суттєво збільшити його радіаційну стійкість та досягнути дози половинного ослаблення світлового виходу ($D_{1/2}$) 49 Мрад.

- Визначено, що одночасне застосування зшиваючого агенту та підсилювача дифузії в складі полімерної сцинтиляційної композиції приводить до підвищення радіаційної стійкості матеріалу ($D_{1/2} = 9,7$ Мрад) при збереженні його світлового виходу та механічних властивостей на рівні придатному для функціонального застосування.

- Показано, що використання підсилювача дифузії, зшиваючого агенту та похідного 3-гідроксифлаону в одній сцинтиляційній композиції дозволяє суттєво підвищити радіаційну стійкість пластмасового сцинтилятора ($D_{1/2} = 37$ Мрад), при цьому зберегти його мікротвердість та світловий вихід на високому рівні.

– Встановлено, що в ряду сцинтиляторів на основі полісилоксанів, активованих 2,5-дифенілоксазолом, як радіаційна стійкість, так і світловий вихід збільшуються з підвищенням вмісту фенільних груп у полісилоксановій основі.

– Показано, що поєднання в одній сцинтиляційній композиції одночасно двох полімерних основ – полістиролу та поліфенілметилсилоксану – дозволяє отримати матеріал з високою радіаційною стійкістю ($D_{1/2} = 22$ Мрад) з одночасним збереженням його механічних властивостей на рівні стандартного пластмасового сцинтилятора.

Практичне значення отриманих результатів

Синтезовано люмінесцентні добавки з великим зсувом Стоксу – активатори полімерної основи пластмасового сцинтилятора – похідні 3-гідроксифлавону. З використанням отриманих сполук отримано пластмасові сцинтилятори на основі полістиролу, досліджено їх спектрально-люмінесцентні властивості та оцінено стійкість до дії іонізуючого випромінювання. Доза половинного ослаблення світлового виходу отриманих матеріалів сягає до 49 Мрад.

Створено радіаційностійкі пластмасові сцинтилятори на основі полістиролу, що містять зшиваючі агенти та підсилювачі дифузії. Визначено оптимальні концентрації компонентів полімерної композиції. Запропоновано склад радіаційностійкого сцинтиляційного матеріалу, що містить зшиваючий агент, посилювач дифузії та похідне 3-гідроксифлавону, з $D_{1/2} = 37$ Мрад.

Синтезовано новий активатор 2,4,4''-три-*трет*-бутил-1,1':4',1''-терфеніл, розчинність якого у полімерному середовищі на основі полісилоксану досягає 1,5 мас. %. З новим активатором створено полісилоксанові сцинтиляційні композиції, $D_{1/2}$ яких сягає 60 Мрад.

Розроблено пластмасовий сцинтилятор на змішаних основах полістирол-поліфенілметилсилоксан з $D_{1/2} = 22$ Мрад та механічними властивостями на рівні традиційних пластмасових сцинтиляторів.

За результатами дослідження отримано 9 патентів України на винахід. Розробки, описані в патентах, можуть бути застосовані у виробництві пластмасових сцинтиляторів із підвищеною радіаційною стійкістю, що за своїми властивостями перевершуватимуть наявні комерційні аналоги.

Дискусійні положення та зауваження до дисертації

1. Апробація результатів роботи бажає мати більш широкую географію, зокрема і за межами України.
2. Стор. 38, останній абзац – формулювання «хороші характеристики» не є визначальним. Бажано використовувати більш наукові терміни.

3. У роботі використано надзвичайно складний синтез скінтіляторів. Чи оправдана вартість і складність такого синтезу?
4. Методика досліджень структури у роботі полягає у використанні ЯМР Н-спектроскопії та елементного аналізу, однак для полімерних матеріалів визначальними є методи WAXS та DSC. Чи проводилися такі дослідження?

Наведені зауваження та дискусійні моменти не применшують наукову новизну й практичну цінність дисертаційної роботи, не зачіпають основних положень, винесених на захист, і не впливають на загальну позитивну оцінку дослідження.

Відсутність порушень академічної доброчесності

Під час виконання дисертаційного дослідження здобувачка діяла відповідно до принципів академічної доброчесності. Перевірка та аналіз матеріалів дисертації не виявили випадків академічного плагіату, а також ознак фабрикації чи фальсифікації даних.

Загальний висновок та оцінка дисертації

Отже, вважаю, що враховуючи актуальність тематики, ступінь обґрунтованості наукових положень, достовірність і новизну отриманих результатів, їх теоретичну й практичну значимість, обсяг проведених досліджень, рівень сформульованих висновків, а також повноту їх висвітлення в опублікованих наукових працях, дисертаційна робота Єлісеєвої Оксани Володимирівни «Розроблення шляхів підвищення радіаційної стійкості пластмасового скінтілятора» повністю відповідає встановленим вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Єлісеєва Оксана Володимирівна, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство в галузі знань 13 Механічна інженерія.

Офіційний опонент:

член-кореспондент НАН України,

завідувач відділу зварювання пластмас

Інституту електрозварювання

ім. Є.О. Патона НАН України,

доктор технічних наук, професор

Учений секретар Інституту

електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України

к.т.н. І.М. Клочков



Максим ЮРЖЕНКО