

СЕКЦІЯ 12.**ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ**

Лагуцкий Илья Александрович, магістрант
факультета комп'ютерного проектування
*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Беларусь*

Пигаль Роман Владимирович, магістрант
факультета комп'ютерного проектування
*Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Беларусь*

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СЦИНТИЛЛЯТОРА CLYC В ЗАДАЧАХ ГАММА-СПЕКТРОМЕТРИИ И ДЕТЕКТИРОВАНИЯ НЕЙТРОНОВ

Применение литийсодержащих сцинтилляторов CLYC(Ce) [$\text{Cs}_2\text{LiYCl}_6(\text{Ce})$] в задачах детектирования нейтронов и гамма-спектрометрии в настоящее время набирает популярность в связи с тем, что данные кристаллы, за счет хорошего разрешения и способности детектировать тепловые нейтроны, можно использовать в компактных устройствах радиационного контроля. В то же время использование данных кристаллов сопряжено с некоторыми особенностями, связанными с его структурой и спектром излучения. Основные характеристики приведены в таблице 1.

Сцинтиллятор CLYC по своей структуре подобен эльпасолиту (K_2NaAlF_6), который имеет кубическую решетку. В связи с этим данные кристаллы имеют такие особенности как мутность и наличие трещин при большом объеме кристалла. Данные факторы приводят к тому, что CLYC имеет низкий световыход, в связи с чем имеется необходимость использовать больший, по сравнению с другими кристаллическими сцинтилляторами, коэффициент усиления фотоэлектронных умножителей (далее – ФЭУ).

Таблица 1

Основные характеристики кристаллов CLYC(Ce)

Структура кристалла	Кубическая (Эльпасолит)
Гигроскопичность	Гигроскопичен
Световыход, фотонов/МэВ	20 000
Световыход, фотонов/нейтрон	~70 000
Постоянные времени высвета, нс	1, 50, 1 000
Спектр излучения, нм	275 – 450
Максимум спектра излучения, нм	370
Энергетическое разрешение, % (относительно линии 662 кэВ)	4 – 5
Содержание лития, %	~1,2
Обогащение б-лития, %	< 96
FOM	2,6
Плотность, г/см ³	3,3
Максимальные размеры, мм	d76x152

Также необходимо отметить, что CLYC имеет спектр излучения, значительно смещенный в область ультрафиолета, в связи с чем требуется использования специализированных ФЭУ. Также подобный диапазон излучения кристалла приводит к необходимости подбора материалов оптической системы, с высоким коэффициентом светопропускания в ультрафиолетовой области.

В настоящее время для гамма-спектрометрии одним из самых распространенных ФЭУ является R6231, фирмы Hamamatsu Photonics. Основные характеристики данного умножителя приведены в таблице 2.

Таблица 2

Основные характеристики ФЭУ R6231

Диаметр, мм	51
Диаметр фотокатода, мм	46
Материал фотокатода	Bialkali
Диапазон чувствительности, нм	300 – 650
Максимум чувствительности, нм	420
Индекс чувствительности к синему (CS 5-58)	11,5
Коэффициент усиления	$2,7 * 10^5$
Время нарастания фронта, нс	8,5
Время прохождения, нс	48

Сопоставляя параметры ФЭУ R6231 с характеристиками сцинтиллятора CLYC можно заметить, что диапазон излучения кристалла выходит за границы чувствительности данного умножителя. При этом пик чувствительности ФЭУ (420 нм) находится практически на границе спектра излучения сцинтиллятора (450 нм). В связи с этим при применении данного ФЭУ можно ожидать уменьшение амплитуды выходных импульсов и ухудшение разрешения из-за неполного сбора фотонов. Это говорит о необходимости использовать специализированные ФЭУ при работе с данными кристаллами.

Таким образом можно сделать вывод, что при работе со сцинтиллятором CLYC(Ce) необходимо учитывать следующие особенности кристалла: низкий световыход и наличие ультрафиолетовой составляющей в спектре излучения кристалла. В связи с этим к используемому фотоэлектронному умножителю можно предъявить следующие требования: высокий коэффициент усиления, большой размер фотокатода (для оптимизации светосбора) и перекрытие спектра излучения кристалла характеристикой чувствительности ФЭУ (желательно с совпадением пиков максимальной чувствительности).

Список использованных источников:

- 1 CLYC(Ce) // CapeSym: [Веб-сайт]. URL: <https://capesym.com/clyc.html> (дата обращения: 05.12.2021).
- 2 CLYC:Ce Gamma/Neutron Scintillators, Radiation Detection // Berkeley Nucleonics Corp: [Веб-сайт]. URL: <https://www.berkeley-nucleonics.com/clycce> (дата обращения: 12.12.2021).
- 3 Scintillation Crystall Archive // CapeScint: [Веб-сайт]. URL: https://capesint.com/product-category/scintillation-crystals/?filter_detector-type=cs2liycl6 (дата обращения: 12.12.2021).
- 4 Photomultiplier Tube R6231 // Hamamatsu Photonics: [Веб-сайт]. URL: <https://www.hamamatsu.com/jp/en/product/type/R6231/index.html> (дата обращения: 12.12.2021).