

## СЕКЦІЯ 17.

# ЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

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

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

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИТИЙСОДЕРЖАЩИХ КРИСТАЛЛОВ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ НЕЙТРОННОГО И ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Современные тенденции развития средств радиационного контроля требуют создания высокоэффективных детектирующих устройств с минимальными размерами и высокой автономностью, что позволяет службам радиационной безопасности максимально эффективно производить инспекцию различных объектов.

В настоящее время в большинстве устройств используются гелиевые счетчики. Детекторы подобного вида являются достаточно объемными и тяжелыми, что связано с необходимостью применения полиэтилена в качестве замедлителя нейтронов. Данный фактор не позволяет применять их в компактных устройствах, что приводит к необходимости использования детекторов другого типа.

В настоящее время альтернативой данных счетчиков являются литийсодержащие кристаллические сцинтилляторы, которые сочетают в себе функции гамма-спектрометрии и детектирования нейтронов. Основными видами подобных сцинтилляторов являются CLYC [ $\text{Cs}_2\text{LiYCl}_6(\text{Ce})$ ], NaIL [ $\text{NaI}(\text{Li}+\text{Tl})$ ] и CLLB [ $\text{Cs}_2\text{LiLaBr}_6(\text{Ce})$ ], характеристики которых представлены в таблице 1.

Кристаллы CLYC и CLLB имеют литий уже в составе своей кристаллической решетки, в то время как NaIL содержит литий, который «растворяется» в матрице исходного сцинтиллятора NaI. Данное отличие позволяет вводить вплоть до 8% лития (на данный момент по технологии Saint-Gobain Crystals), в то время как содержание лития в кристаллах CLYC и CLLB ограничено их кристаллической структурой.

Главным показателем литийсодержащих кристаллов является возможность качественного разделения импульсов от нейтронного и гамма-излучения. В качестве подобного показателя для сцинтилляторов используется FOM (Figure of

Merit), который характеризует, насколько сильно сигналы от нейтронного и гамма-излучения отличаются друг от друга.

Таблица 1

**Основные характеристики литийсодержащих кристаллов**

Характеристика кристалла	CLYC	NaIL	CLLB
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,3	3,66	4,2
Световыход, фотонов/МэВ	20 000	35 000	45 000
Время вывета, нс	1 000	250	190
Максимум спектра излучения, нм	370	419	420
Энергетическое разрешение, % (относительно линии 662 кэВ)	4,5	6,5-7,0	3,1
Содержание лития, %	~1,2	До 8	~0,78
FOM	2,6	2,8	1,9

Как видно из приведенных характеристик нельзя дать однозначный ответ на то, какой кристалл лучше применять в устройствах радиационного контроля. Однако можно сделать следующие выводы:

– Когда разрешение не играет ключевую роль, рационально использовать кристаллы NaIL, так как они имеют наилучшее соотношение по уровню световыхода, FOM-фактору и нагрузочной способности (величине, обратно пропорциональной времени вывета). Также в данном виде кристалла допустимо повышенное введение лития, что позволяет увеличить его чувствительность к тепловым нейтронам, что важно в компактных устройствах радиационного контроля (персональных радиационных детекторах). При этом коммерческая цена кристаллов NaIL меньше, по сравнению с CLYC и CLLB.

– В случае, когда разрешение играет ключевую роль рационально использовать кристаллы CLYC либо CLLB. При этом кристалл CLYC характеризуется отсутствием собственного фона, который присутствует в кристалле CLLB из-за наличия в нем лантана. Данный фактор является неоднозначным, так как приводит к необходимости его учета при идентификации и расчете активности, однако позволяет производить стабилизацию энергетической шкалы от температуры без применения светодиода либо встраивания источника.

– Если наличие собственного фона нежелательно, то лучше применять кристалл CLYC, так как он имеет достаточно хорошее разрешение, однако имеет среди этого такие недостатки как низкий световыход, обусловленный структурой кристалла, и спектр излучения, который находится в ультрафиолетовой области, что приводит к необходимости применения специальных фотоэлектронных умножителей.

– Необходимо учитывать тот факт, что кристаллы CLYC и CLLB имеют литий уже изначально в своем составе, что уже обеспечивает минимальную чувствительность к нейтронам без необходимости обогащения, так как природное содержание б-лития составляет около 6-7%. В случае с NaIL введение в кристалл необогащенного лития является экономически нецелесообразным.

Таким образом можно сделать вывод, что применение литийсодержащих кристаллов для совместного детектирования нейтронного и гамма-излучения

сопряжено с нахождением компромиссов при выборе сцинтиллятора, так как каждый прибор требует выставления приоритетов между их характеристиками.

**Список использованных источников:**

1. CLLB [Cs<sub>2</sub> Li La Br<sub>6</sub> (Ce)] // Saint-Gobain Crystals: [Веб-сайт]. URL: <https://www.crystals.saint-gobain.com/products/cllb> (дата обращения: 05.12.2021).
2. NaIL [NaI(Tl+Li)] Co-doped Sodium Iodide // Saint-Gobain Crystals: [Веб-сайт]. URL: <https://www.crystals.saint-gobain.com/products/nai-sodium-iodide-tl-lithium> (дата обращения: 05.12.2021).
3. CLYC(Ce) // CapeSym: [Веб-сайт]. URL: <https://capesym.com/clyc.html> (дата обращения: 05.12.2021).