

# Сцинтилляторы и сцинтилляционные детекторы для регистрации ионизирующих излучений

Тимошин В.С.

01

О компании

02

Продукция

03

Индивидуальные решения

04

Применение

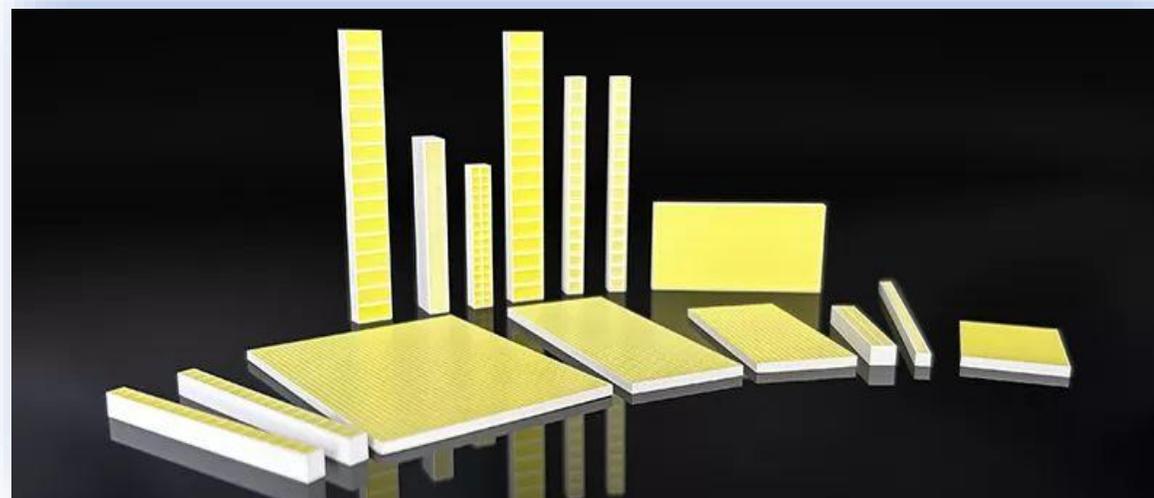


Компания Eric Crystal Co., Ltd была основана в 2012 году и занимается исследованиями, разработками и производством сцинтилляционных кристаллов и детекторов. Линия по производству сцинтилляторов включает в себя кристаллы CsI (TI), NaI (TI), LYSO (Ce), GAGG (Ce), CdWO<sub>4</sub>, LaBr<sub>3</sub> (Ce), CeBr<sub>3</sub> и другие кристаллы галогенидов и оксидов; метод выращивания кристаллов в основан на методах Бриджмена и Чохральского, полный набор технологического оборудования для производства кристаллов, включая станки для линейной резки, станки для резки по внутренним кругам, шлифовальное и полировальное оборудование; также оснащение полной линией сборки сцинтилляционных матриц, которые могут быть использованы в области безопасности, неразрушающего контроля, медицинской компьютерной томографии и визуализации в ядерной медицине (позитронная компьютерная томография ПЭТ), одномерных и двумерных сцинтилляционных матриц. Возможно собрать сцинтилляционные детекторные модули в соответствии с требованиями заказчика, например, для соединения кристаллов с фотоэлектронными умножителями (ФЭУ), кремниевыми фотоэлектронными умножителями (SiPM) и фотодиодами (PD). Внутренние электронные модули могут быть настроены по требованиям заказчика.



# Оборудование для мастерских

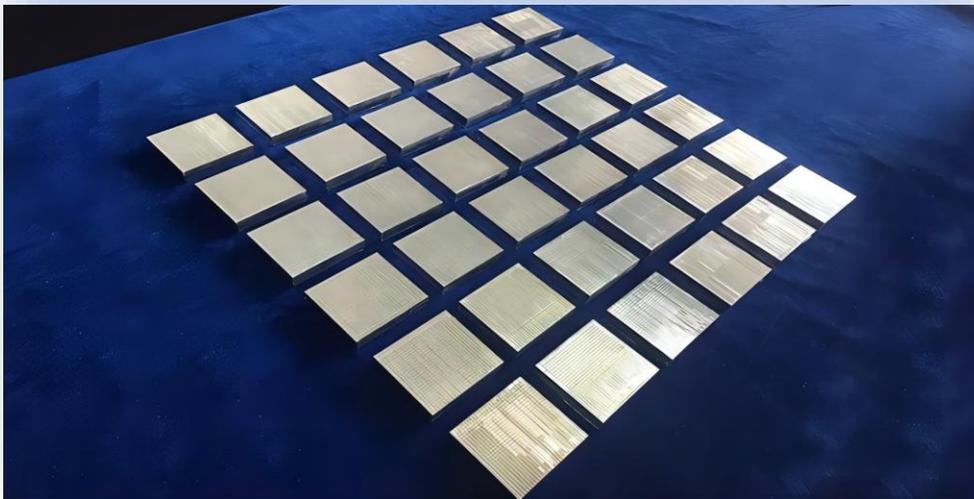




Компания Epic Crystal была основана в Гонконге, Китай, в 2012 году и занимается исследованиями и разработкой сцинтилляционных материалов.

В 2014 году компания приобрела Shanghai Shuojie Crystal Materials Co., Ltd., чтобы внести свежие идеи в R&D и диверсифицировать производство.

2015-2016



В 2015 году сцинтиллятор LYSO(Ce) успешно выведен на рынок и получен первый серийный заказ для позитронно-эмиссионного томографа (ПЭТ) для мелких животных.



Сцинтиллятор GAGG(Ce) была запущен в 2016 году и в настоящее время серийно производится були диаметром 60 мм х длиной 200 мм со стабильной однородностью световыхода.



**A STATE CORPORATION «ROSATOM» COMPANY**  
Federal State Unitary Enterprise  
**«All-Russia  
Research Institute of Automatics»  
(FSUE «VNIIA»)**

☒ Moscow Post Office, Box 918, Moscow, Russia, 101000  
☒ Express: Suchbatskaya st. 22, Moscow, Russia, 127055  
Phone: +7 (499) 978-78-03  
FAX: +7 (499) 978-09-03, 978-05-78  
E-mail: vniia@vniia.ru

EPIC Crystal Co.,Ltd  
Orson Gong  
orson@epic-crystal.com

**To: Orson Gong**

№ \_\_\_\_\_  
RE \_\_\_\_\_

CSI(Tl) crystal

Dear colleagues  
First of all we would like to thank you for fruitful cooperation.  
We have analyzed the results of testing of the first batch of the supplied scintillation crystals at the amount of 400 pieces (see attachment) and come to a conclusion that they all fully correspond with data provided by you. However, may we kindly ask you to continue improving characteristics of your crystals so to keep the irregularity of the light transparency below 10%.  
Also let us draw your attention to the presence of various insertions in the body of the detector crystal. They were observed in 5-10% of the scintillators. The presence of a huge number of insertions in the structure of the scintillation crystal can negatively effect both the irregularity of the light output and energy resolution of the crystal as well. Those two parameters are critical for us when selecting your crystals for being used in the newer generation of our radiation monitors.

Respectfully,  
Dmitry Syagin  
Deputy division head, head of department

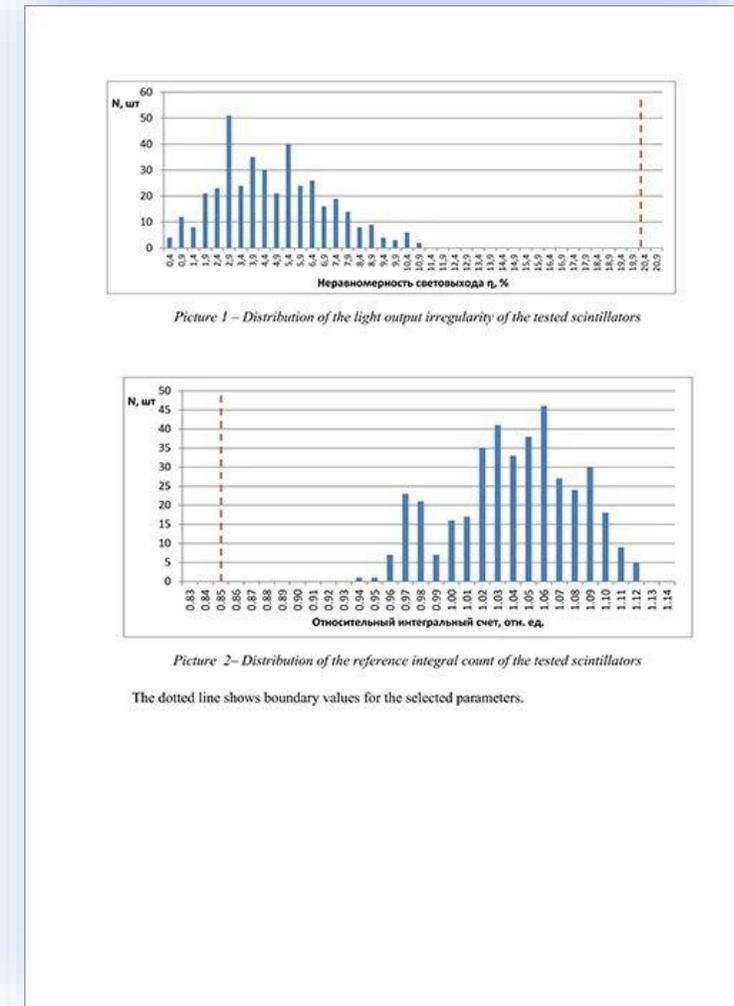
A

**Experimental data on scintillation detectors measurements**

The table below shows average and boundary values of measured parameters of the tested detectors. All detectors have been divided into three groups based on using of the reference detector.

		Irregularity of the light output $\eta$ , %	Reference integral count
I group (1-68)	Minimal value of the parameter	0.24	0.94
	Maximal value of the parameter	11.4	1.12
	Average value of the parameter	5.21	0.99
II group (69-227)	Minimal value of the parameter	0.24	0.95
	Maximal value of the parameter	11.22	1.09
	Average value of the parameter	4.13	1.03
III group (228-400)	Minimal value of the parameter	0.00	1.02
	Maximal value of the parameter	12.90	1.13
	Average value of the parameter	4.64	1.07

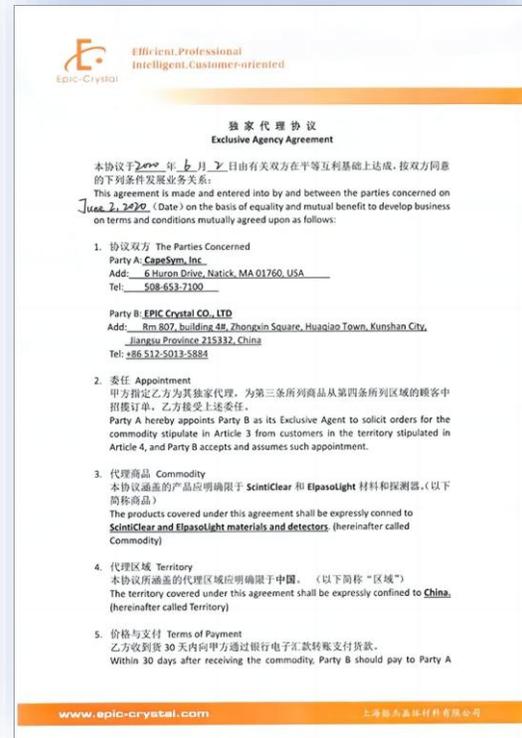
Pictures 1 and 2 below show distribution of the light output irregularity and reference integral count accordingly.



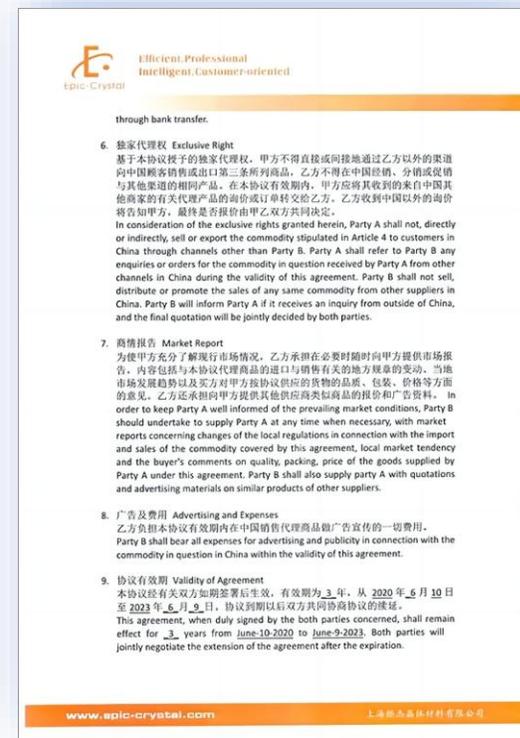
В 2017 году были установлены деловые отношения с ВНИИА Духова, использующим большого размера кристаллы CsI(Tl) длиной до 220 мм с высокими требованиями к энергетическому разрешению и неоднородностью оптической прозрачности. Сотрудничество продолжается, и по состоянию на 2024 год было поставлено 5000+ кристаллов с нулевым количеством рекламаций.

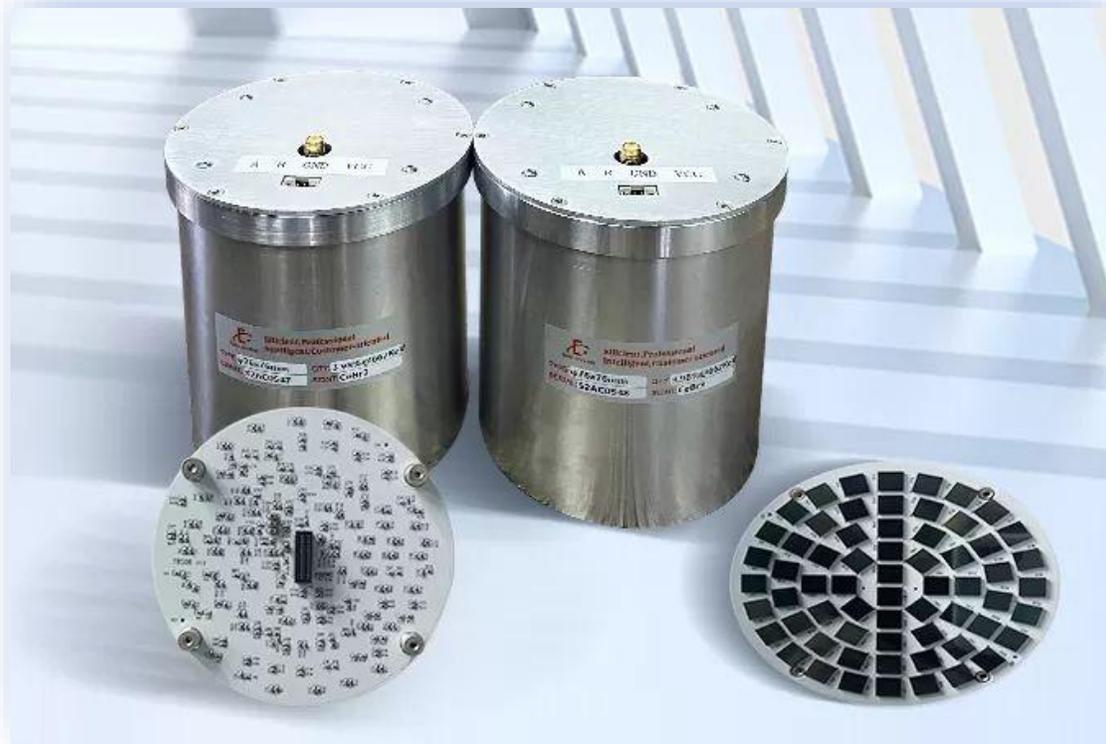


В 2019 году сертификат ISO был обновлен с 9001:2008 до 9001:2015

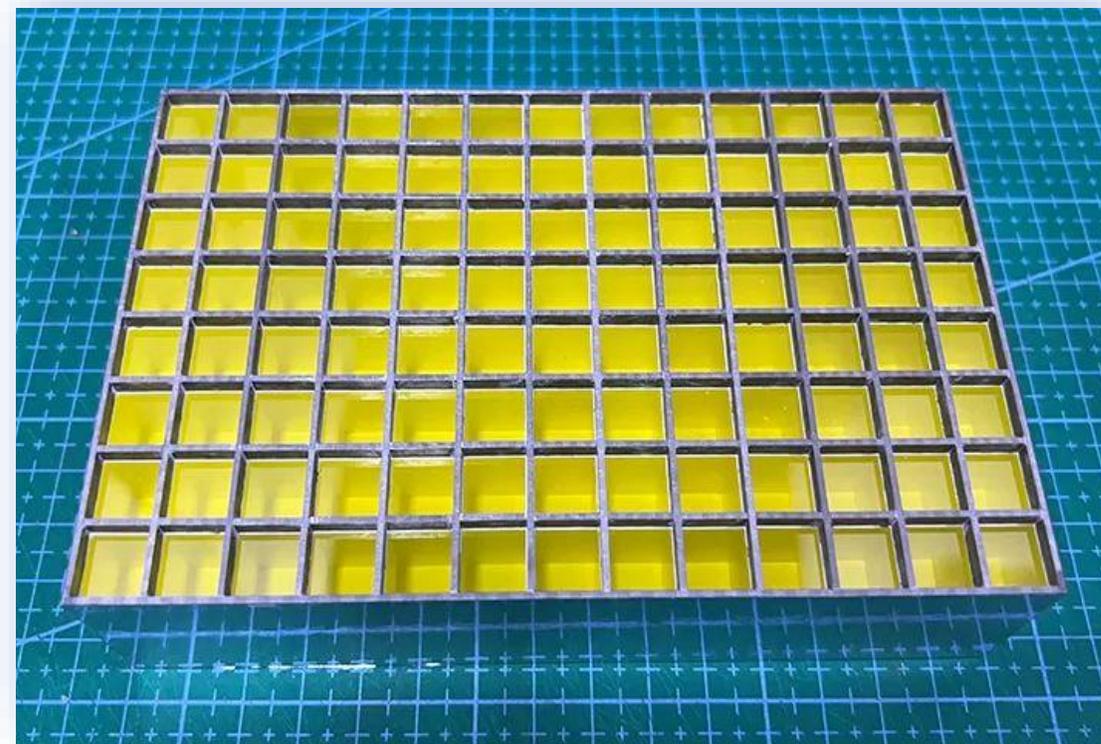


В 2020 году компания стала генеральным агентом CAPESYM Scinticlear (SrI2:Eu) и Elpasolight (CLYC:Ce) из США на китайском рынке





В 2021 году была создана дочерняя компания Suzhou Eric для разработки детекторных модулей и сопутствующей электроники для сцинтилляционных детекторов.



В 2022 году компания получила крупный заказ от китайской военной организации. Допуски по точности, внутренних дефектов, энергетического разрешения, неоднородности светового выхода и специальных вольфрамовых отражателей были полностью признаны заказчиком.

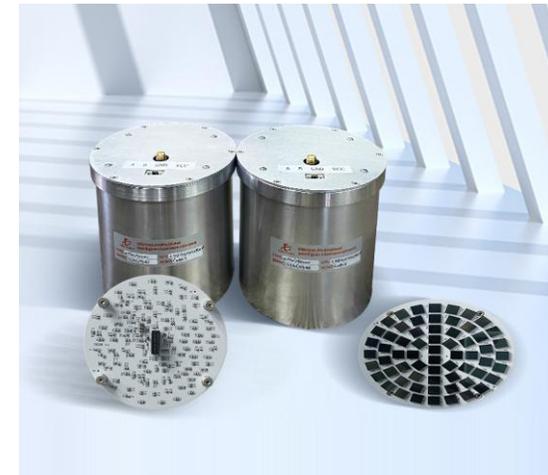
## 01 Сцинтилляционные кристаллы



## 02 Линейки и матрицы



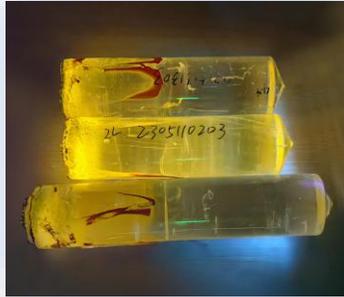
## 03 Детекторы и аксессуары



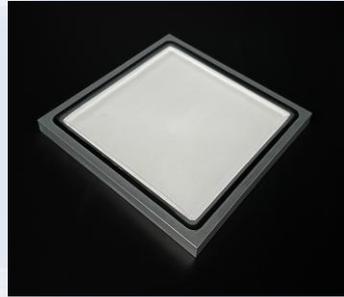
# Сцинтилляционные кристаллы



Кристалл CLLB(Ce)



Кристалл CsI



Кристалл NaI(Tl)



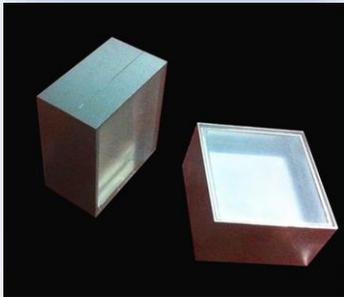
Кристалл LYSO(Ce)



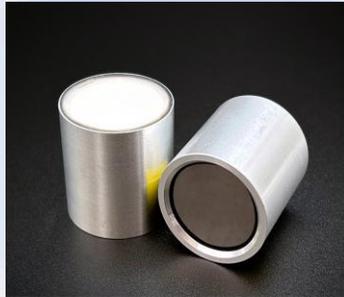
Кристалл GAGG(Ce)



Кристалл CdWO<sub>4</sub>



Кристалл LaBr<sub>3</sub>(Ce)



Кристалл CeBr<sub>3</sub>



Керамика GOS



Кристалл BGO



Кристалл YAG(Ce)



Кристалл YAP(Ce)



Кристалл YSO(Ce)



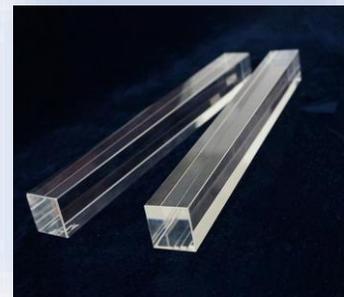
Кристалл LuAG(Ce/Pr)



Кристалл PbWO<sub>4</sub>



Пластиковый  
сцинтиллятор



Кристалл BaF<sub>2</sub>-Y

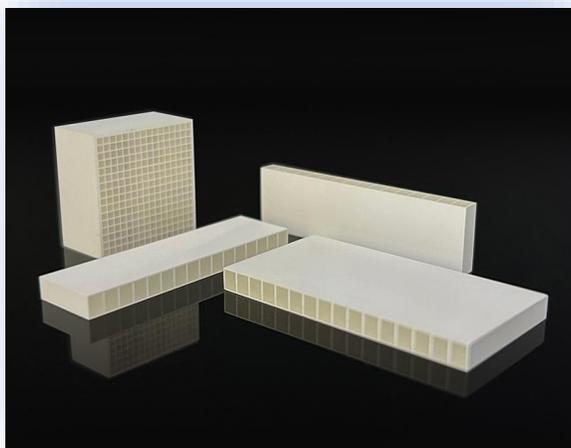
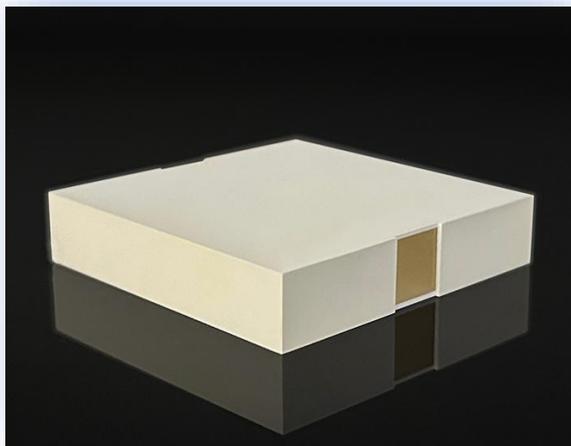


Кристалл CaF<sub>2</sub>(Eu)



Кристалл CLLB(Ce) отличается высокой производительностью, хорошей энергетической динамикой, хорошей энергетической нелинейностью и быстрым временем высвечивания. Из-за присутствия в кристалле лития-6 он чувствителен к тепловым нейтронам и может их обнаружить (с помощью дискриминации формы импульса). Кристаллы CLLB(Ce) служат отличным материалом-кандидатом для гамма-спектрометров и детекторов тепловых нейтронов.

	CLLB(Ce)	Единица измерения
Плотность	4.20	г/см <sup>3</sup>
Длина волны пика излучения	390/420	нм
Световыход	>35,000	ф/МэВ
Время высвечивания	120(78%)/850(22%)	нс
Энергетическое разрешение	2.2(n)/3.5(γ)	%
Фактор отсеивания	2	/
Гигроскопичность	+	/



Кристаллы CsI можно разделить на три типа в зависимости от легирующей примеси: CsI (Tl), CsI(Na) и чистый CsI, все они представляют собой бесцветные прозрачные кубические кристаллы. Кристаллы CsI обладают превосходными сцинтилляционными свойствами, что означает, что они могут эффективно преобразовывать падающее излучение в видимый свет. Благодаря этому свойству кристаллы CsI широко используются в сцинтилляционных детекторах для измерения ионизирующего излучения, такого как гамма-лучи и рентгеновские лучи.

	CsI(Tl)	CsI(Na)	Чистый CsI	Единица измерения
Плотность	4.53	4.51	4.51	г/см <sup>3</sup>
Температура плавления	894	894	894	К
Длина волны пика излучения	550	420	315	нм
Световыход	56,000	40,000	3,500	ф/МэВ
Время высвечивания	1020	630	16	нс
Ориентация	-	-	-	/
Гигроскопичность	незначительно	+	незначительно	/
Коэффициент преломления	1.79	1.84	1.95	/
Твердость	2	2	2	моос

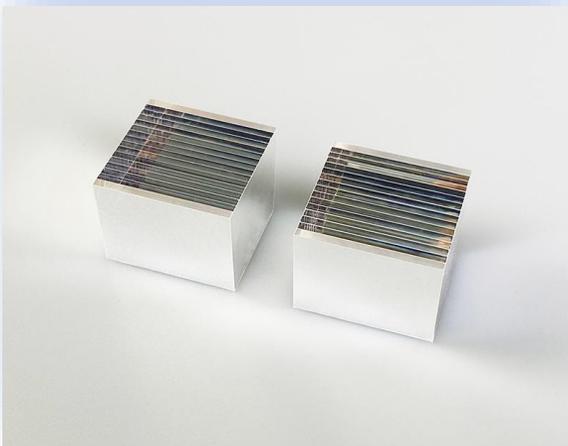
# Кристалл NaI(Tl)



Кристалл NaI(Tl), легированный таллием - NaI(Tl), является классическим сцинтиллятором для регистрации гамма-излучения средних и низких энергий. Он обладает наибольшим световыходом среди всех сцинтилляторов и широким диапазоном энергий, совпадающим с максимальной эффективностью фотоумножителей с бищелочными фотокатадами.

	NaI(Tl)	Единица измерения
Плотность	3.67	г/см <sup>3</sup>
Температура плавления	924	К
Длина волны пика излучения	415	нм
Световыход	38,000	ф/МэВ
Время высвечивания	264	нс
Ориентация	(100)	/
Гигроскопичность	+	/
Твердость	2	моос

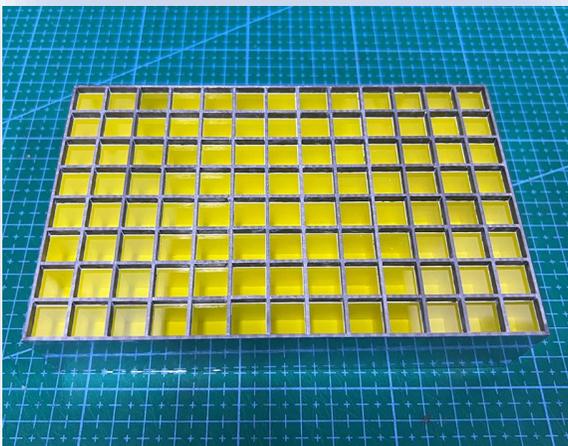
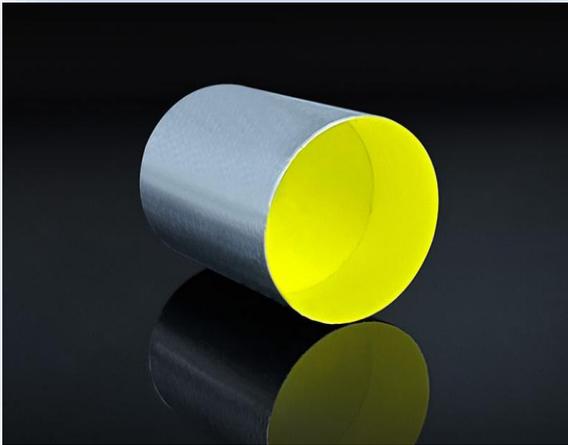
# Кристалл $LYSO(Ce)$



Кристаллы  $LYSO(Ce)$  известны своими превосходными сцинтилляционными свойствами, включая высокий световыход, быстрое время высвечивания и хорошее энергетическое разрешение. Эти свойства делают их подходящими для обнаружения и измерения ионизирующего излучения, такого как гамма-лучи и позитроны.

	LYSO(Ce)	Единица измерения
Плотность	7.25	г/см <sup>3</sup>
Длина волны пика излучения	420	нм
Световыход	30,000	ф/МэВ
Время высвечивания	40	нс
Поглощённая доза ионизирующего излучения	$1 \times 10^8$	рад
Коэффициент преломления	1.82	/
Твёрдость	5.80	моос
Гигроскопичность	-	/
Ориентация	-	/

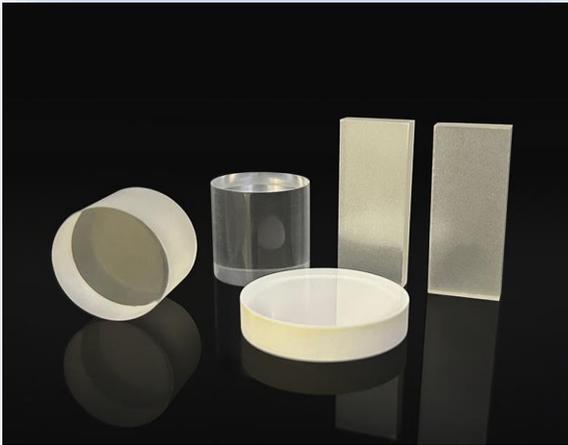
# Кристалл GAGG(Ce)



Кристалл GAGG(Ce) относится к типу сцинтилляционных кристаллов, изготовленных из гадолиний-алюмо-галлиевого граната ( $Gd_3Al_2Ga_3O_{12}$ ). Кристаллы GAGG(Ce) ценятся за высокую светоотдачу, быстрое затухание и хорошее энергетическое разрешение. Эти свойства делают их хорошо подходящими для обнаружения и измерения ионизирующего излучения, такого как гамма-лучи и рентгеновские лучи.

	GAGG-F	GAGG-T	GAGG-HL	Единица измерения
Плотность	6.6	6.6	6.6	г/см <sup>3</sup>
Твердость	8	8	8	моос
Коэффициент преломления	1.91	1.91	1.91	/
Световыход	30,000	42,000	54,000	ф/МэВ
Энергетическое разрешение	7%	6%	5%	5x5x5мм при 662 кэВ
Время высвечивания	50	90	150	нс
Длина волны пика излучения	520	530	530	нм
Радиационная стойкость	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup>	рад
Гигроскопичность	-	-	-	/

# Кристалл CdWO<sub>4</sub>



Кристалл CdWO<sub>4</sub> относится к сцинтилляционным кристаллам, изготовленным из вольфрамата кадмия (CdWO<sub>4</sub>). Это широко используемый неорганический сцинтилляционный материал, известный своей высокой плотностью и хорошими свойствами обнаружения излучения. Кристалл состоит из атомов кадмия, вольфрама и кислорода.

	CdWO <sub>4</sub>	Единица измерения
Плотность	7.90	г/см <sup>3</sup>
Длина волны пика излучения	475	нм
Световыход	13,000	ф/МэВ
Время высвечивания	12.7	мкс
Твердость	4.0-4.5	моос
Коэффициент преломления	2.2-2.3	/
Гигроскопичность	-	/
Ориентация	(010)	/
Коэффициент теплового расширения	10.2x10 <sup>-6</sup>	К <sup>-1</sup>

# Кристалл $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$



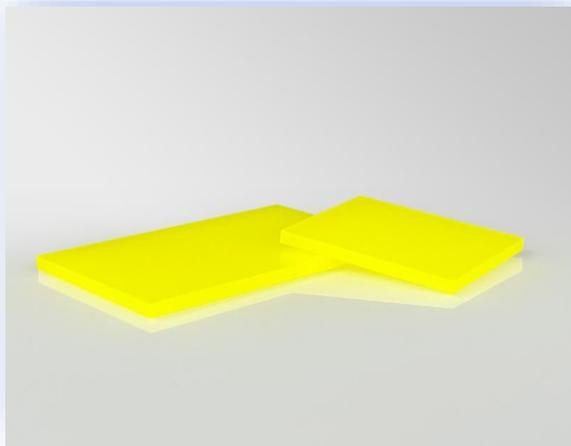
Кристалл  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  (бромид лантана) - это сцинтилляционный материал, используемый в детектировании излучения и спектроскопии. Он относится к семейству неорганических сцинтилляторов и состоит из атомов лантана и брома. Кристаллы  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  приобрели популярность в последние годы благодаря своему превосходному энергетическому разрешению, высокой светоотдаче и быстрому времени отклика.

	$\text{LaBr}_3(\text{Ce})$	Единица измерения
Плотность	5.20	г/см <sup>3</sup>
Температура плавления	1,116	К
Длина волны пика излучения	380	нм
Световыход	68,000	ф/МэВ
Время высвечивания	16	нс
Ориентация	(100)	/
Гигроскопичность	+	/
Коэффициент преломления	1.90	/



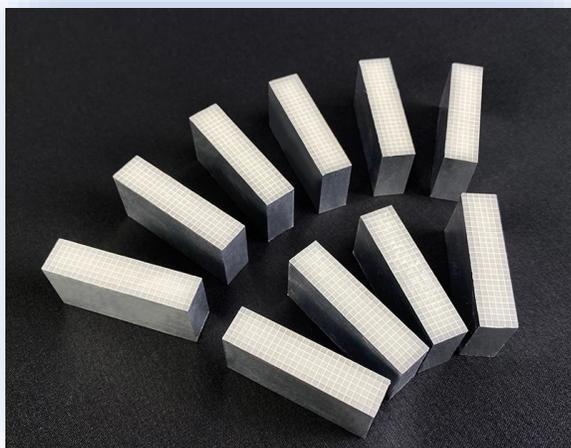
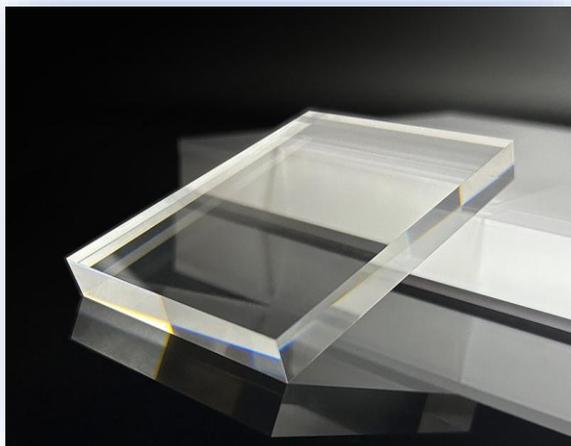
Кристалл  $CeBr_3$  (бромид церия) - это еще один тип сцинтилляционного материала, используемого в детектировании излучения и спектроскопии. Подобно кристаллу  $LaBr_3$ , кристалл  $CeBr_3$  относится к семейству неорганических сцинтилляторов и состоит из атомов церия и брома.

	$CeBr_3$	Единица измерения
Плотность	5.10	г/см <sup>3</sup>
Температура плавления	1056	К
Длина волны пика излучения	380	нм
Энергетическое разрешение	<4.5%	При 662 кэВ
Световыход	60,000	ф/МэВ
Время высвечивания	20	нс
Ориентация	-	/
Гигроскопичность	+	/
Коэффициент преломления	2.10	/



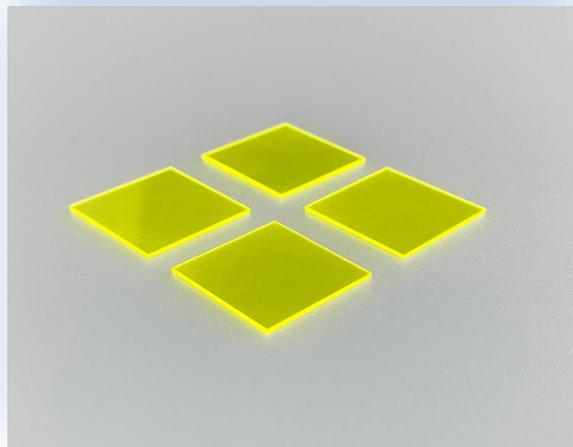
Керамика GOS относится к гексагональной структуре, обладает высокой химической стабильностью и обрабатываемостью. Сцинтиллятор GOS, легированный ионами редкоземельных элементов, обладает относительно высокой светоотдачей и чрезвычайно низким послесвечением, составляющим менее 0,1% в течение 3 мс. Пики излучения находятся в диапазоне от 470 до 900 нм. Благодаря спектральной чувствительности кремниевых фотодиодов, они широко используются в таких целях, как компьютерные сканеры, устройства безопасности и неразрушающий контроль.

	GOS(Pr)	GOS(Tb)	Единица измерения
Плотность	7.34	7.34	г/см <sup>3</sup>
Прозрачность	Полупрозрачный	Полупрозрачный	/
Длина волны пика излучения	510	550	нм
Время высвечивания	3	600	мкс
Световыход	28,000	45,000	ф/МэВ
Послесвечение	<0.1@3ms	<0.1@20ms	%
Гигроскопичность	-	-	/
Ориентация	-	-	/
Коэффициент преломления	2.2	2.2	/
Твердость	4.5	4.5	моос



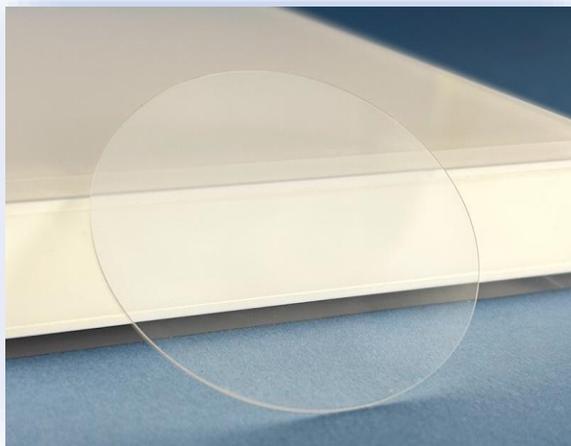
Кристалл BGO относится к сцинтилляционным кристаллам, изготовленным из оксида висмута и оксида Германия. BGO - это широко используемый неорганический сцинтилляционный материал, известный своими несколькими желательными характеристиками для обнаружения радиации и медицинской визуализации, такими как высокая плотность, высокий эффективный атомный номер и высокая останавливающая способность гамма-лучей.

	$\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$	Единица измерения
Плотность	7.13	г/см <sup>3</sup>
Длина волны пика излучения	480	нм
Световыход	8,500	ф/МэВ
Время высвечивания	317	нс
Твердость	5	моос
Коэффициент преломления	2.15	/
Гигроскопичность	-	/
Ориентация	-	/
Длина излучения	1.12	см



YAG (Ce) - негигроскопичный, химически инертный неорганический сцинтиллятор, длина волны максимального излучения которого составляет 550 нм, что хорошо согласуется с чувствительностью ПЗС-матрицы, и он достаточно быстр (время затухания 75 нс) при относительно высоком световом выходе, составляющем 12% от NaI (Тl) сцинтиллятора.

	YAG(Ce)	Единица измерения
Плотность	4.56	г/см <sup>3</sup>
Время высвечивания	75	нс
Световыход	14,000	ф/МэВ
Температура плавления	2,243	К
Длина волны пика излучения	550	нм
Твердость	8.50	моос
Коэффициент преломления	1.82	/
Гигроскопичность	-	/
Ориентация	-	/



Сцинтилляционный кристалл YAP(Ce) обладает быстрым временем затухания (28 нс) и относительно высокой светоотдачей (40% от NaI (TI)), пик излучения составляет 360-380 нм, что может быть эффективно согласовано с большинством современных фотоприемников. YAP(Ce) может подвергаться точной механической обработке, использоваться для подсчета гамма и рентгеновских лучей, электронной микроскопии, электронных и рентгеновских томографических экранов.

	YAP(Ce)	Единица измерения
Плотность	5.40	г/см <sup>3</sup>
Время высвечивания	25	нс
Световыход	18,000	ф/МэВ
Температура плавления	2,148	К
Длина волны пика излучения	370	нм
Твердость	8.50	моос
Коэффициент преломления	1.95	/
Гигроскопичность	-	/
Ориентация	-	/

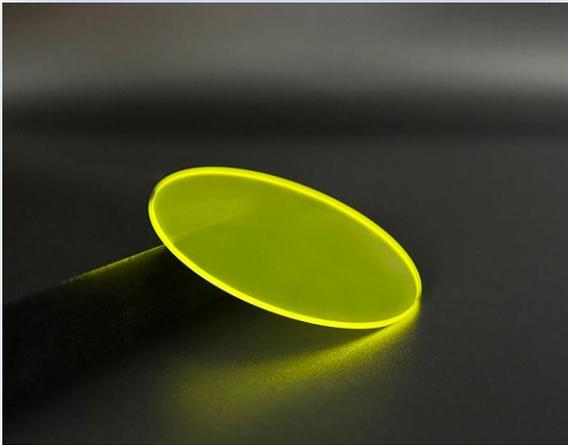
# Кристалл YSO(Ce)



Кристалл YSO(Ce), легированный церием, YSO(Ce), относится к моноклинным редкоземельным ортосиликатным кристаллам, он аналогичен кристаллу LYSO(Ce), хотя обычно используется в качестве полупроводника и в фотооптических приложениях. Кристалл YSO(Ce) имеет тот же пик излучения 420 нм, что и кристалл LYSO(Ce), но он менее эффективен с точки зрения светоотдачи, которая составляет около 18 000 фотонов/МэВ, время затухания у кристалла YSO(Ce) на 50-70 нс медленнее, чем у кристалла LYSO(Ce) на 40 нс.

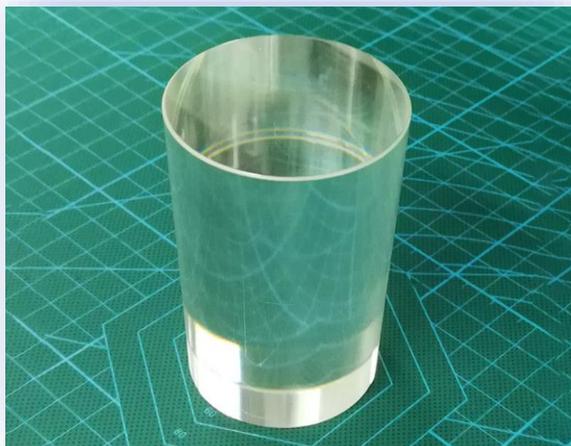
	YSO(Ce)	Единица измерения
Плотность	4.40	г/см <sup>3</sup>
Длина волны пика излучения	410	нм
Световыход	18,000	ф/МэВ
Время высвечивания	62	нс
Поглощённая доза ионизирующего излучения	1 x 10 <sup>8</sup>	рад
Коэффициент преломления	1.82	/
Твердость	5.8	моос
Гигроскопичность	-	/
Ориентация	-	/

# Кристалл LuAG(Ce/Pr)



Кристалл LuAG(Ce/Pr) относится к особому типу кристаллов, которые состоят из лютеций-алюминиевого граната (LuAG), легированного ионами церия Ce или Pr. LuAG - это синтетический кристаллический материал, известный своими превосходными сцинтилляционными свойствами и широко используемый в различных приложениях для обнаружения излучения.

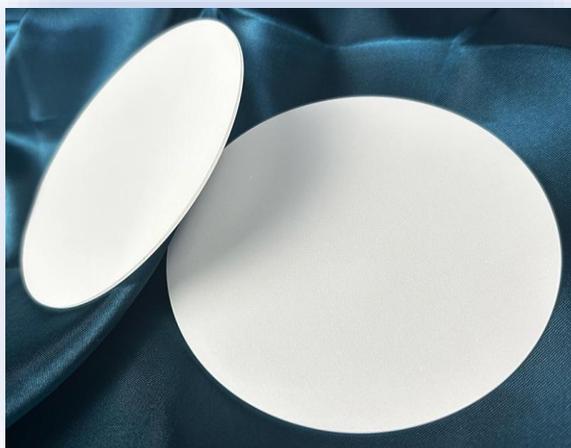
	LuAG(Ce)	LuAG(Pr)	Единица измерения
Плотность	6.7	6.7	г/см <sup>3</sup>
Радиационная стойкость	1x10 <sup>6</sup>	1x10 <sup>6</sup>	рад
Длина волны пика излучения	520	310	нм
Световыход	25,000	20,000	ф/МэВ
Время высвечивания	68	22	нс
Гигроскопичность	-	-	/
Эффективный атомный номер	63	63	/
Твердость	8.0	8.0	моос



Вольфрамат свинца ( $PbWO_4$ ) является одним из самых плотных кристаллов ( $8,3 \text{ г/см}^3$ ), он отличается малой длиной излучения (0,9 см), малым мольтеровским радиусом (2,19 см) и высокой стойкостью к облучению. Его сцинтилляционный световой поток достигает максимума в диапазоне 450-550 нм, а время затухания быстрой составляющей составляет 2-20 нс. После облучения гамма-излучением снижение оптического коэффициента пропускания незначительно - до  $10^6$  рад.

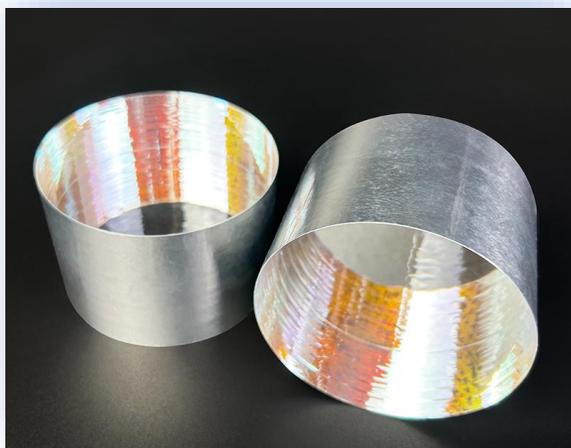
	$PbWO_4$	Единица измерения
Плотность	8.28	$\text{г/см}^3$
Длина излучения	0.92	см
Время высвечивания	6/30	нс
Длина волны пика излучения	440/530	нм
Световой поток (относительно NaI(Tl))	0.5	%
Температура плавления	1396	К
Твердость	/	моос
Коэффициент преломления	2.16	/
Гигроскопичность	-	/
Ориентация	(101)	/

# Пластиковый сцинтиллятор



Пластиковые сцинтилляторы - это материалы, которые излучают свет при воздействии ионизирующего излучения, такого как альфа-частицы, бета-частицы или гамма-лучи. Они состоят из сцинтиллирующего органического полимера, обычно содержащего ароматические соединения, легированные флуоресцентными молекулами или люминофорами.

	EPS100	EPS106	EPS220	EPS222(EPS106+ZnS:Ag)		Единица измерения
Плотность	1.05	1.05	-	1.05	-	г/см <sup>3</sup>
Длина волны пика излучения	415	423	450	423	450	нм
Световыход (относительно антрацена)	50-60	50-60	300	50-60	300	%
Время высвечивания	2.4	2.4	200	2.4	200	нс
Время нарастания	1	1	-	1	-	нс
Длина затухания	380	250	-	250	-	см
Соотношение Н/С	1.1	1.1	-	1.1	-	/
Гигроскопичность	-	-	-	-	-	/
Коэффициент преломления	1.58	1.58	-	1.58	-	/
Температура размягчения	75-80	75-80	-	75-80	-	°С
Материал основания	Полистирол	Полистирол	PMMA	Полистирол	-	/
Плотность ZnS:Ag	-	-	3.5-5	-	3.5-5	мг/см <sup>2</sup>
Применение	х, γ and μ	β	α	α and β		/

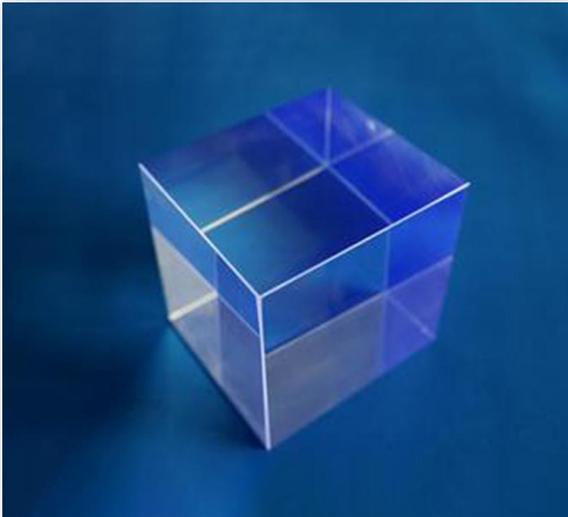


Кристалл фторида бария ( $BaF_2$ ) обладает быстрым сцинтилляционным излучением, достигающим максимума при 195 и 220 нм, со временем затухания 0,8 нс. Эта сверхбыстрая сцинтилляция обещает широкое применение в областях, где важна чрезвычайно быстрая синхронизация, таких как будущие эксперименты по физике высоких энергий, получение изображений в жестких рентгеновских лучах и позитронно-эмиссионная томография с определением времени пролета (TOF).

	$BaF_2$	$BaF_2-Y$	Единица измерения
Плотность	4.88	4.88	г/см <sup>3</sup>
Время высвечивания	0.8/660	0.8/660	нс
Соотношение быстрой и медленной составляющей	1:5	2:1	/
Длина волны пика излучения	220/310	220/310	нм
Световой поток (относительно NaI:Tl)	8/32	8/32	%
Температура плавления	1554	1554	К
Твердость	3	3	моос
Коэффициент преломления	1.56	1.56	/
Гигроскопичность	незначительно	незначительно	/
Ориентация	(111)	(111)	/

# Кристалл $\text{CaF}_2(\text{Eu})$

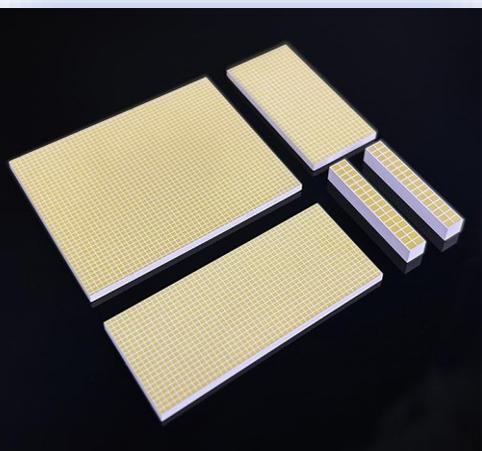
Кристалл  $\text{CaF}_2(\text{Eu})$  - это кристалл, состоящий из фторида кальция ( $\text{CaF}_2$ ), легированного ионами европия (Eu). Легирование европием придает кристаллу  $\text{CaF}_2$  люминесцентные свойства, что делает его способным излучать свет при воздействии определенных факторов.



	$\text{CaF}_2(\text{Eu})$	Единица измерения
Плотность	3.18	г/см <sup>3</sup>
Температура плавления	1691	К
Коэффициент теплового расширения	$19.5 \times 10^{-6}$	С <sup>-1</sup>
Ориентация	(111)	/
Твердость	4	моос
Гигроскопичность	-	/
Длина волны пика излучения	435	нм
Коэффициент преломления	1.47	/
Время высвечивания	940	нс
Световыход	19,000	ф/МэВ



**Линейные массивы**



**Двумерные массивы**

Материал	CsI(Tl)	CdWO <sub>4</sub>	Керамика GOs	LYso(Ce)	GAGG(Ce)	BGO
Время высвечивания (нс)	1,020	12,700	3,000	40	88	317
Световыход (ф/МэВ)	56000	13,000	28,000	30000	50.000	8.500
Длина волны пика излучения	550	480	510	420	530	480
Послесвечение	0.5-5% при 6 мс	0.1% при 3 мс	0.1% при 3 мс	0.1% при 6 мс	0.1% при 3 мс	0.005% при 3 мс
Количество элементов	4x4/8x8/16x16	4x4/8x8/16x16	4x4/8x8/16x16	4x4/8x8/16x16	4x4/8x8/16x16	4x4/8x8/16x16
Финишная обработка поверхности	шлифовка/полировка	шлифовка/полировка	шлифовка/полировка	шлифовка/полировка	шлифовка/полировка	шлифовка/полировка
Отражатель	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	BaSO <sub>4</sub> ESR	BaSO <sub>4</sub> ESR	BaSO <sub>4</sub> ESR
Размер пикселя (мин, мм)	0.5x0.5	1.0x1.0	0.5x0.5	0.5x0.5	0.5x0.5	0.5x0.5
Расстояние между пикселями (мин, мм)	0.1	0.1	0.1	0.08	0.08	0.08

Рекомендации не являются жесткими и могут быть изменены, в зависимости от конкретного дизайна



Детекторы на основе ФЭУ



Блок электроники для ФЭУ



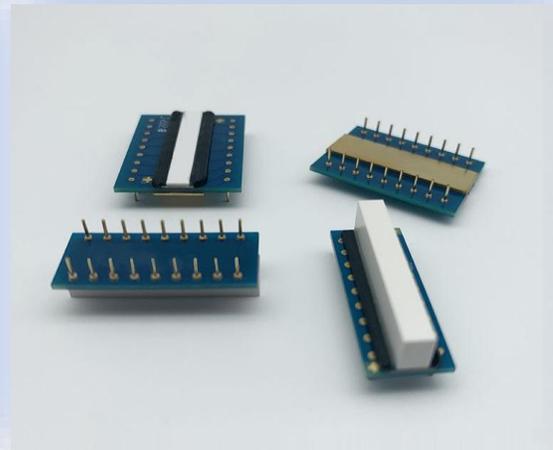
МСА анализатора EGW3043



Интегрированные сцинтилляционные  
детекторы



Детекторы на основе SiPM



Детекторы на основе  
фотодиодов



Световоды



Оптическая смазка EGZ-  
SD65WH



Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) - это элемент, используемый в сцинтилляционных детекторах для обнаружения и измерения ионизирующего излучения. ФЭУ состоят из фотокатода, массива динодов и анода. Когда фотон попадает на фотокатод, он высвобождает электроны за счет фотоэлектрического эффекта. Затем эти электроны ускоряются и многократно увеличиваются в количестве, проходя через ряд динодов. Электроны достигают анода, генерируя электрический импульс.

Сцинтиллятор	Модель	Размер сцинтиллятора	Тип ФЭУ	Энергетическое разрешение (Cs <sup>137</sup> )
NaI(Tl)	ENAI-D50H50/2T01	2"x2"	CR105	<=7.5%
NaI(Tl)	ENAI-WD50H50/2T01	2"x2"	CR105	<=7.5%
NaI(Tl)	ENAI-D76H76/3T01	3"x3"	CR119	<=7.5%
NaI(Tl)	ENAI-WD76H76/3T01	3"x3"	CR119	<=7.5%
NaI(Tl)	ENAI-D127H127/5T01	5"x5"	ET9390KB	<=8.5%
NaI(Tl)	ENAI-D150H150/5T01	6"x6"	ET9390KB	<=8.5%
NaI(Tl)	ENAI-L4W4H8/3.5T01	4"x4"x8"	CR366	<=8.5%
LaBr <sub>3</sub> (Ce)	ELBC-D38H38/2T01	1.5"x1.5"	CR173	<=3.5%
LaBr <sub>3</sub> (Ce)	ELBC-D50H50/2T01	2"x2"	CR173	<=3.5%
LaBr <sub>3</sub> (Ce)	ELBC-D50H50/3T01	2"x2"	CR160	<=3.5%
CeBr <sub>3</sub>	ECB-D38H38/2T01	1.5"x1.5"	CR173	<=4.5%
CeBr <sub>3</sub>	ECB-D50H50/2T01	2"x2"	CR173	<=4.5%
CeBr <sub>3</sub>	ECB-D50H50/3T01	2"x2"	CR160	<=4.5%



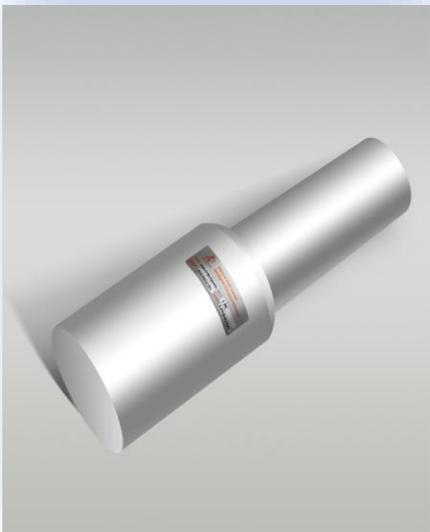
Разъемы для ФЭУ серии EP, в зависимости от различных конфигураций, могут содержать делители напряжения, предусилители, высоковольтные источники питания и другие функциональные модули, применимые к различным спецификациям фотоэлектрических умножителей и их составу сцинтилляционных блоков. Он может выполнять различные измерения радиоактивного излучения, модуль имеет широкий диапазон питания (5 В ~ 12 В), с соответствующим детектором, может быть напрямую подключен к различным типам многоканальных анализаторов или калибраторов и другому оборудованию.



Многоканальный анализатор EGW3043 Tube Base - это анализатор высоты импульсов на ламповой основе, включающий в себя 14-контактный фотоумножитель, встроенный MCA анализатор с разрешением 4096 каналов и согласующие усилители, высоковольтные источники питания и т.д., которые могут работать в режиме одноканального анализатора (SCA) или режиме многоканального анализатора высоты импульсов

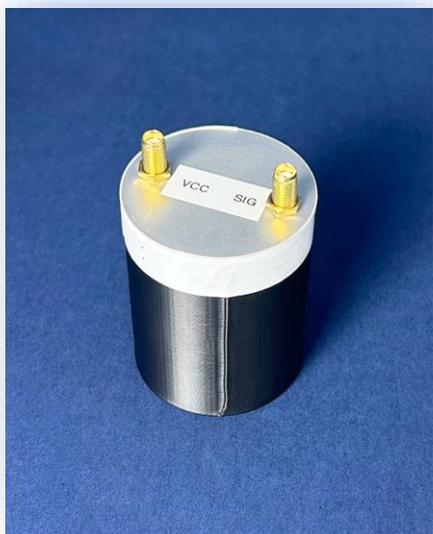
## Характеристики и технические параметры

1	Разрешение MCA: 4096
2	Время удержания выборки и преобразования АЦП: 2 мкс
3	Диапазон анализа входных импульсов: 0 ~ +5 В
4	Скорость счета на входе: 100 кбит/с (снижение скорости счета на 20%), подходит для применения с высокой интенсивностью использования
5	Интерфейс передачи данных: TCP/IP (RJ45)
6	Встроенный делитель напряжения, предварительный усилитель и основной усилитель, встроенный высоковольтный источник питания
7	Режим вывода данных: Режим списка /режим спектра
8	Функции программного обеспечения: получение энергетического спектра, отображение, анализ ROI, сглаживание энергетического спектра, автоматический поиск пика и идентификация изотопов и т.д.
9	Предоставляя протокол передачи данных, пользователи могут самостоятельно разрабатывать программы сбора и обработки данных на основе этого протокола
10	Он может быть согласован с NaI(Tl), LaBr3(Ce) и другими сцинтилляционными детекторами, и может быть использован через 14-контактный разъем E678-14W для подключения к фотоэлектронному умножителю (ФЭУ) с 8- или 10-уровневой структурой динода.



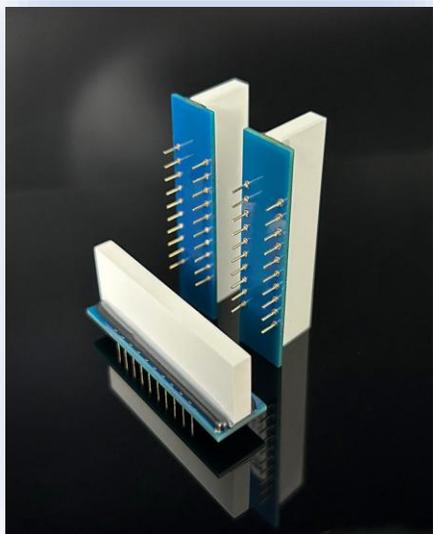
Встроенные сцинтилляционные детекторы обычно содержат сцинтиллятор, фотоумножительную трубку (НАСОС) и электронные модули. Благодаря высокой эффективности обнаружения, хорошему энергетическому разрешению, стабильному выходному сигналу и подходящей конфигурации, они широко используются для обнаружения ядерного излучения, мониторинга окружающей среды, измерения плотности и уровня, а также в области контроля безопасности.

Сцинтиллятор	Модель	Размер сцинтиллятора	Электронный модуль	Энергетическое разрешение (Cs <sup>137</sup> )
NaI(Tl)	ENAI-D25H25VD01	1"x1"	VD	≤7.5%
NaI(Tl)	ENAI-D25H25DHP01	1"x1"	VD, HV, предварительный усилитель	≤7.5%
NaI(Tl)	ENAI-D50H50VD01	2"x2"	VD	≤7.5%
NaI(Tl)	ENAI-D50H50DHP01	2"x2"	VD, HV, предварительный усилитель	≤7.5%
NaI(Tl)	ENAI-D76H76VD01	3"x3"	VD	≤7.5%
NaI(Tl)	ENAI-D76H76DHP01	3"x3"	VD, HV, предварительный усилитель	≤7.5%



В дополнение к блокам фотоэлектронных умножителей (ФЭУ) сцинтиляционные детекторы могут также использовать кремниевые фотоумножители (SiPM). SiPMs - это твердотельные устройства, которые могут быть использованы в качестве альтернативы ФЭУ для регистрации света в сцинтиляционных детекторах.

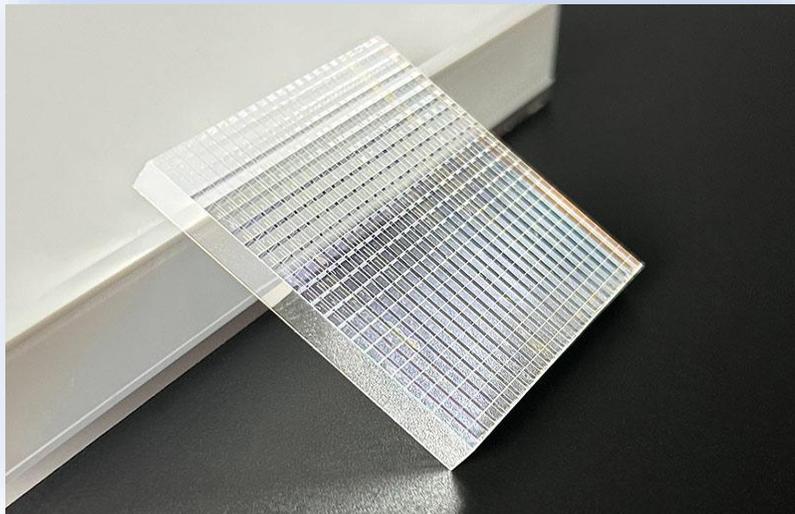
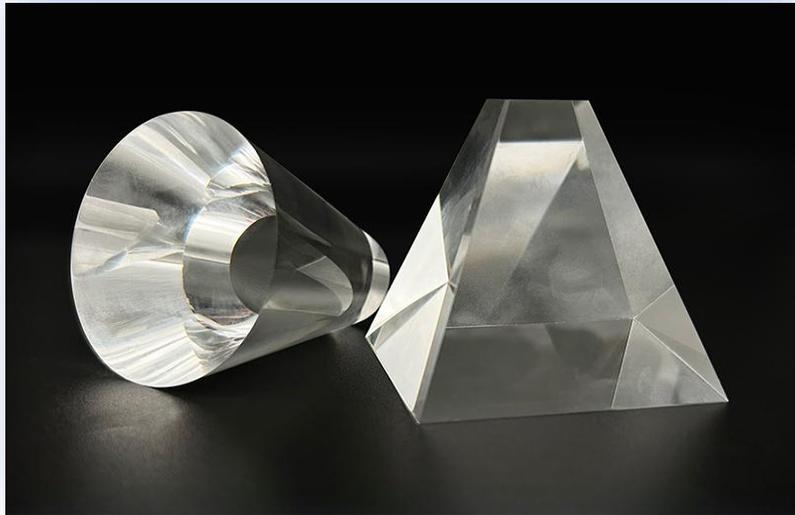
Сцинтилятор	Модель	Размер сцинтилятора	SiPM	Энергетическое разрешение ( $Cs^{137}$ )
CsI(Tl)	ECS-06060601	6x6x6 мм	MicroFJ-60035-TSV	$\leq 7.5\%$
GAGG(Ce)	EGS-06060601	6x6x6 мм	MicroFJ-60035-TSV	$\leq 6.5\%$
GAGG(Ce)	EGS-10101001	10x10x10 мм	MicroFJ-60035-TSV	$\leq 8.0\%$
GAGG(Ce)	EGS-10103001	10x10x30 мм	MicroFJ-60035-TSV	$\leq 9.0\%$



В некоторых сцинтилляционных детекторах в качестве фотоприемника используется фотодиод. Фотодиод - это полупроводниковое устройство, которое генерирует ток или напряжение при освещении светом.



Сцинтиллятор	Модель	Количество элементов	Матрица фотодиодов	Время высвечивания
CsI(Tl)	ЕНЕС-1.6P	1x16	1.6 мм шаг	0.5-5% при 6 мс
GOS	ЕНЕС-1.6P	GOS sheet	1.6 мм шаг	< 0.1% при 3 мс
CsI(Tl)	ЕНЕС-2.5P	1x16	2.5 мм шаг	0.5-5% при 6 мс
CsI(Tl)	ЕНЕС-2.5P	1x16	2.5 мм шаг	0.5-5% при 6 мс
GOS	ЕНЕС-2.5P	GOS sheet	2.5 мм шаг	< 0.1% при 3 мс
GOS	ЕНЕС-1.6P	1x16	1.6 мм шаг	< 0.1% при 3 мс
GOS	ЕНЕС-2.5P	1x16	2.5 мм шаг	< 0.1% при 3 мс



Световоды обеспечивают полезные режимы сбора света для сцинтилляторов. Они передают сцинтилляционные фотоны к фотодетекторам. Ключевыми рабочими параметрами являются хорошее оптическое пропускание в широком диапазоне длин волн и тщательно отполированные поверхности, способствующие полному внутреннему отражению.

## ИНФОРМАЦИЯ О ПРОДУКТЕ

Материал	Коэффициент преломления	Коэффициент передачи света	Форма световода
К9 стекло	1.52	97% (< 10 мм толщина)	цилиндр, конический конус, другие
Боросиликатное стекло	1.48	91% (< 6.5 мм толщина)	цилиндр, конический конус, другие
Акриловый пластик	1.49	92% (< 8 мм толщина)	цилиндр, конический конус, другие

# Оптическая смазка EGZ-SD65WH



EGZ-SD65WH - это прозрачная бесцветная силиконовая оптическая соединительная смесь, которая обладает отличным светопропусканием и низким уровнем испарения при температуре 25 °С, а также удельным весом 1,12 и показателем преломления 1,467. EGZ-SD65WH предназначен для оптического соединения фотодатчиков со сцинтилляторами и световодами, например, для соединения фотоумножителей.

## ИНФОРМАЦИЯ О ПРОДУКТЕ

Удельная масса (25°C)	1.12
Коэффициент пропускания	> 95%
Коэффициент преломления (25°C n D25)	1.467
Концентрация (25°C/JIS)	322
Отделение масла (200°C/24h)	0%
Диапазон температур	-50-250°C

Сцинтилляционные кристаллы и детекторы будут использоваться специально для удовлетворения конкретных требований применения и достижения желаемых результатов. Процесс изготовления индивидуального решения включает в себя несколько аспектов, таких как состав материалов, уникальная форма и размеры кристалла, обработка поверхности, применение отражателя и комплектация, а также подключение датчиков освещенности ФЭУ, SiPM или фотодиод, а также электронных компонентов усилителя и делителя напряжения.



Композиция



Размер и форма



Обработка  
поверхности



Отражатель



Упаковка



Выбор  
фотоприемников



Материал и  
геометрия  
соединения



Электроника  
для  
считывания  
сигналов



Медицинская  
визуализация

01

02

Детектирование  
радиационного  
излучения

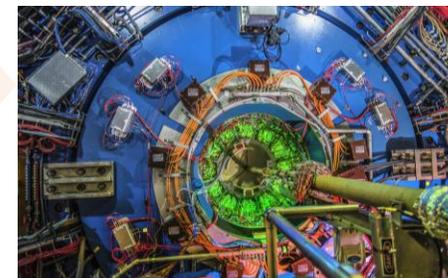


Рентгеновский  
контроль безопасности

03

04

Физика  
высоких энергий



Неразрушающий  
контроль

05

06

Геологические  
исследования



**Спасибо за внимание!**