

ны быть близки, а сцинтиллятор должен быть прозрачен для излучения. Прозрачность сцинтиллятора характеризуется расстоянием, на котором интенсивность его светового излучения уменьшается в результате поглощения в e раз. Для увеличения числа фотонов, падающих на фотокатод ФЭУ, и улучшения равномерности светосбора по объёму сцинтиллятора поверхность последнего покрывают отражателем (MgO, TiO₂, тефлон) или используют полное внутр. отражение от полиров. граней кристалла.

Интенсивность световой вспышки в зависимости от времени меняется по закону $I = I_0 \exp(-t/\tau)$, где τ — время, за которое интенсивность уменьшается в e раз, называемое временем высвечивания сцинтиллятора; τ определяет временные характеристики С. д. Время высвечивания определяется процессами преобразования энергии частицы в световую вспышку, и часто из-за неск. процессов возникает неск. компонент с разл. τ . Соотношение интенсивностей разл. компонент высвечивания отличается для лёгких (электронов) и тяжёлых (протонов, α -частиц и т. д.) частиц, особенно для органич. сцинтилляторов (см. ниже), что приводит к разл. форме импульса для этих частиц. Это позволяет при регистрации по форме импульса разделять частицы разной природы при одинаковой амплитуде импульса.

Зависимость световыхода от типа регистрируемых частиц характеризуют отношением α/β — отношением световыхода α -частицы и электрона при одинаковых энергиях. Отношение α/β различно для разных типов сцинтилляторов и зависит от энергии частиц.

С. д. применяются как в виде самостоят. детекторов, так и в качестве составных компонентов *комбинированных систем детекторов* при исследовании разл. процессов с энергиями \geq неск. КэВ.

Неорганические сцинтилляторы — монокристаллы с добавкой активатора. Они обладают высокими эффективностью Z , плотностью ρ и достаточно большой длительностью высвечивания τ (табл. 1).

Табл. 1. — Характеристика неорганических сцинтилляторов

Кристалл	ρ , г/см ³	Максимум в спектре люминесценции, нм	τ , нс	C_k
NaI (Tl)	3,67	410	250	0,06
CsI (Tl)	4,51	560	700	0,02
KI (Tl)	3,13	410	1000	0,012
LiI (Eu)	4,06	440	1200	0,04
CaF ₂	3,18	250	200	0,009
ZnS (Ag)	4,09	450	10 ⁴	0,1—0,2

Наиб. световыходом обладают кристаллы ZnS(Ag), но они существуют только в виде мелкокристаллич. порошка (кристаллы больших размеров получить не удаётся), прозрачность к-рых для собств. излучения мала. Одним из лучших неорганич. сцинтилляторов является NaI(Tl). Он имеет наибольший после ZnS(Ag) световыход и прозрачен для собств. излучения. Монокристаллы NaI(Tl) могут быть выращены больших размеров (до 500 мм); их недостаток — гигроскопичность, требующая герметизации. Сцинтиллятор CsI(Tl) имеет световыход ниже, но не гигроскопичен. Помимо этих универсально используемых неорганич. сцинтилляторов существует ряд других, применение к-рых диктуется условиями эксперимента — присутствием определ. элементов, большим или, наоборот, малым сечением захвата тепловых нейтронов (см. *Нейтронные детекторы*) и др. Перспективны сцинтилляторы на основе BaF₂ и Bi₄Ge₃O₁₂ (гигроскопичны, могут быть выращены размерами до неск. десятков см), неактивированные кристаллы галлоидов щелочных металлов при $T \approx -200^\circ \text{C}$. Напр., кристаллы NaI имеют тот же световыход, что и NaI(Tl) при $T = 300 \text{ K}$, но τ на порядок меньше.

Механизм высвечивания неорганич. сцинтилляторов иллюстрирует зонная диаграмма ионных кристаллов (рис. 2). Внутри запрещённой энергетич. зоны (см. *Зонная теория*)

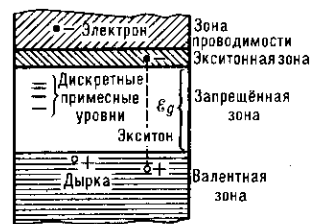


Рис. 2. Зонная диаграмма ионного кристалла.

могут быть дискретные уровни энергии ионов активатора (напр., Tl для NaI), а также других неизбежных примесей и дефектов кристаллич. решётки. При прохождении заряж. частицы электроны могут получать энергию, достаточную для перехода из валентной зоны в экситонную зону и зону проводимости. Обратные переходы электронов в зону валентности с промежуточным захватом на дискретных

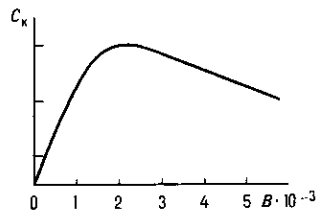


Рис. 3. Зависимость световыхода C_k кристалла NaI от концентрации Tl.

уровнях запрещённой зоны приводят к испусканию оптич. фотонов. Поскольку их энергия $\hbar\omega$ меньше ширины запрещённой зоны ϵ_g , а плотность дискретных уровней мала, кристалл оказывается для них прозрачным. Световыход зависит от концентрации активатора B (рис. 3). Уменьшение световыхода при больших концентрациях связано с ростом вероятности поглощения фотонов на активаторных уровнях. Время высвечивания τ с ростом концентрации активатора до $3 \cdot 10^{-3}$ уменьшается от 0,35 до 0,22 мкс.

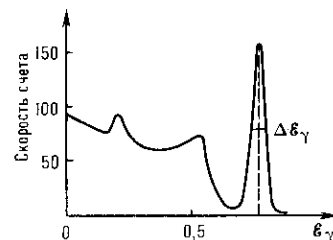


Рис. 4. Спектр импульсов для NaI(Tl) для $\epsilon_\gamma = 661 \text{ КэВ}$.

Большая плотность ρ и высокий атомный номер Z обуславливают осн. применение С. д. на основе неорганич. сцинтилляторов для регистрации и спектрометрии γ -излучения (рис. 4). Спектр монохроматич. γ -излучения состоит из т. н. пика полного поглощения (полное поглощение γ -кванта) и комптоновского распределения (см. *Комптонов эффект*), соотношение к-рых зависит от размера кристалла. Энергетич. разрешение пика полного поглощения $\Delta\epsilon_\gamma / \epsilon_\gamma$ складывается из флуктуации числа электронов, собранных на 1-й диод ФЭУ, дисперсии ФЭУ и т. н. собств. разрешения кристалла. Последнее определяется помимо неравномерности процесса светосбора флуктуациями числа λ и энергии комптоновских и δ -электронов при образовании пика полного поглощения, зависит от размера кристалла и составляет величину \sim неск. %. Полное разрешение $\Delta\epsilon_\gamma / \epsilon_\gamma$ для энергии γ -квантов от ¹³⁷Cs ($\epsilon_\gamma = 661 \text{ КэВ}$) для лучших кристаллов порядка 7%. С изменением регистрируемой энергии ϵ_γ разрешение меняется по закону $(\Delta\epsilon_\gamma / \epsilon_\gamma)^2 = g / \epsilon_\gamma$. Пропорциональность между интенсивностью световой вспышки и «потерянной» энергией при регистрации электронов и γ -квантов в NaI(Tl) имеет место при $\epsilon_\gamma > 100 \text{ КэВ}$. При меньших энергиях световыход сложным образом зависит от уд. потерь энергии.

Органические сцинтилляторы. К ним относятся органич. кристаллы, жидкие и твёрдые растворы сцинтиллирующих