

## Влияние состояния поверхности сцинтилляторов на регистрацию слабопроникающих излучений

А А Ананенко, Ю Т Выдай, В Ю Гресь, А М Кудин

Научно-технологический концерн «Институт монокристаллов»,  
61001, пр Ленина 60, г Харьков

Сцинтилляторы на основе кристаллов активированных йодидов щелочных металлов используются для рентгеновской диагностики плазмы [1]. Основную роль в регистрации рентгеновского излучения плазмы играет поверхностный слой этих сцинтилляторов. Обычно детекторы подвергаются механической обработке шлифовке и полировке. После обработки вблизи поверхности образуется структурно нарушенный слой с отличающимися от объема сцинтилляционными свойствами.

В настоящей работе изучалось влияние состояния поверхности (входной для излучения) кристаллов NaI(Tl), CsI(Tl) и CsI(Na) на их спектрометрические свойства. Определялась стабильность конверсионной эффективности  $\eta$  во времени, ее равномерность по поверхности и по глубине кристаллов при возбуждении сцинтилляций рентгеновским и мягким  $\gamma$ -излучением радионуклидов Fe-55 (5,9 КэВ), Am 241 (17 КэВ и 60 КэВ) и  $\alpha$ -частицами изотопа Pu-239 (5,15 МэВ). Анализировались спектры амплитуд импульсов и такие их приборные параметры, как амплитудное разрешение ( $R$ ), отношение "пик-долина" ( $n/d$ ) и световой выход.

Показано, что кристаллы NaI(Tl), подвергнутые шлифовке и полировке, при достаточно высоком световыходе имеют плохое значение параметров пик-долина и разрешения ( $n/d < 5$ ,  $R > 55\%$ ) при возбуждении рентгеновским излучением с  $E = 5,9$  кэВ (рис 1).

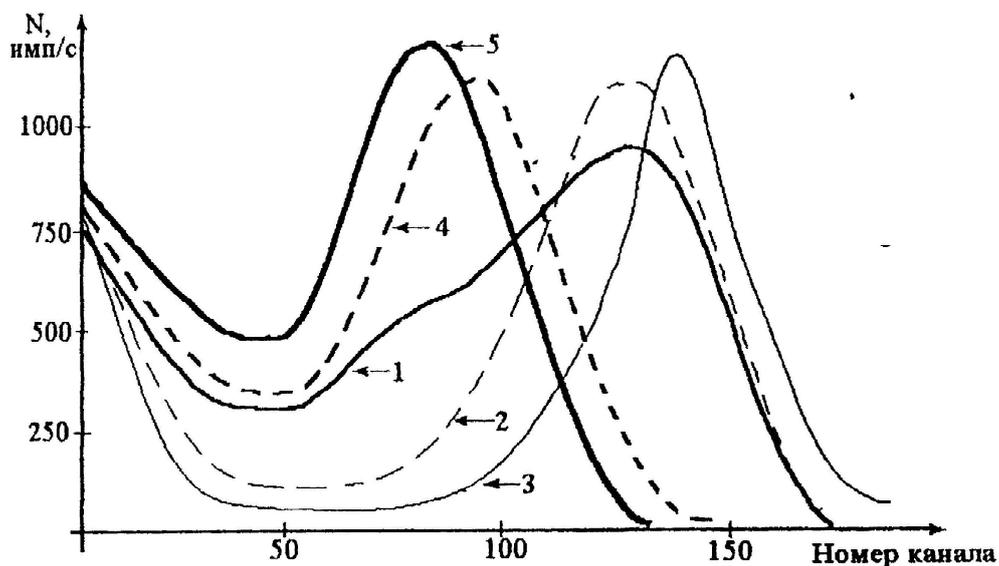


Рис 1 Амплитудный спектр импульсов при возбуждении сцинтилляций рентгеновским излучением с энергией  $E = 5,9$  кэВ: 1 – кристалл NaI(Tl) до отжига, 2 – кристалл NaI(Tl) после отжига, 3 – кристалл NaI(Tl) с колотой поверхностью, 4 – кристалл CsI(Na) после полировки, 5 – кристалл CsI(Na) через трое суток после полировки.

Это связано с неравномерностью параметра  $\eta$ , которая частично удаляется отжигом. Для сравнения на рис.1 приведен амплитудный спектр колотого (не обработанного) кристалла. Для таких кристаллов параметр  $n/d > 20$  и  $R < 45\%$ . Это свидетельствует о том, что структурно-совершенная поверхность скола не приводит к образованию неравномерности конверсионной эффективности. При использовании более глубоко проникающего  $\gamma$ -излучения с  $E=60$  кэВ (90% поглощение в NaI соответствует толщине  $\sim 1$  мм) различий между  $R$  и  $n/d$  колотого и полированного кристаллов не наблюдается. У используемых в герметичной упаковке кристаллов NaI(Tl) сцинтилляционные свойства поверхности со временем не изменялись.

Для CsI(Na) было показано, что при возбуждении сцинтилляций от радионуклида Fe-55 ( $E=5.9$  кэВ) параметры  $n/d$  и  $R$  приповерхностных слоёв увеличены по сравнению с объёмом. Они ухудшаются со временем (рис.1), но остаются стабильными при возбуждении более проникающим излучением. На рис.2 показана зависимость

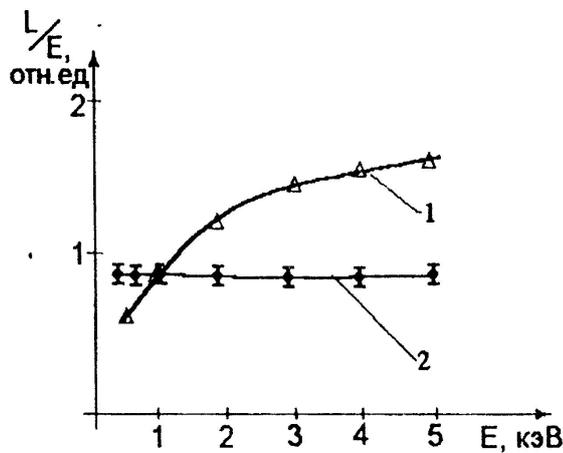


Рис.2. Зависимость удельного светового выхода ( $L/E$ ) от энергии ( $E$ ) для кристаллов CsI(Na) (1) и CsI(Tl) (2) при возбуждении сцинтилляций альфа-частицами.

удельного световыхода ( $L/E$ ) кристаллов CsI(Na) и CsI(Tl) от энергии при регистрации  $\alpha$ -излучения. Видно, что для CsI(Na)  $L/E$  растёт с увеличением энергии  $\alpha$ -частиц, а для CsI(Tl) остаётся постоянным во всём интервале энергий (0,3–5,15 МэВ). Вблизи поверхности кристаллов CsI(Na) образуется так называемый "мертвый" слой толщиной приблизительно 30 мкм с возрастающей в глубину конверсионной эффективностью, в CsI(Tl) возможная глубина такого слоя менее 2 мкм.

Рассмотрены возможные причины снижения  $\eta$  вблизи поверхности. Показано, что эти причины различны для сцинтилляторов на основе NaI и CsI. В случае гигроскопичного материала NaI основной причиной ухудшения свойств приповерхностного слоя есть

взаимодействие материала с остаточной влагой. Для NaI(Tl) реально наблюдаются два типа "мертвого" слоя различной природы.

Отличительной чертой кристаллов CsI(Na) есть факт первоначального увеличения конверсионной эффективности возле поверхности. Дegrаdация  $\eta$  со временем, по-видимому, происходит в два этапа. На первом этапе имеет место релаксация собственных точечных дефектов, возникших в структурно нарушенном слое после механической обработки. Избыточные вакансии частично выходят на свободную поверхность, частично образуют кластеры. Собственно мертвый слой образуется на втором этапе, когда, вероятнее всего, имеет место гетерогенный распад твердого раствора активатора на структурных дефектах. О существенной роли вакансионных кластеров в рассматриваемых процессах свидетельствует несколько неожиданный результат увеличения конверсионной эффективности приповерхностного слоя после механической обработки и зависимость кинетики деградации световыхода от вида обработки.