

## Перенос энергии в сцинтилляционных кристаллах $\text{BaF}_2:\text{Tm}$

*В. М. Ханин, П. А. Родный*

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет,  
Санкт-Петербург, Россия  
*тел: (812) 295-12-82, эл. почта: vashan@list.ru*

Сцинтилляционные материалы применяются во многих областях науки и техники, где необходимо высокоэффективное детектирование ионизирующего излучения. Получение новых материалов со сверхбыстрым спадом сцинтилляционного импульса приведёт к повышению характеристик детектирующих устройств в целом.

Наличие в  $\text{BaF}_2$  сверхбыстрого ( $\sim 0.9$  нс) компонента свечения позволяет конструировать детекторы ионизирующих излучений с высоким (110 пс) временным разрешением [1]. За этот сверхбыстрый компонент сцинтилляций ответственны остовно-валентные переходы (ОВП), проявляющиеся во фториде бария в виде полосы свечения с максимумом при 220 нм [2]. Однако световыход быстрого компонента невелик, кроме того, в спектре излучения  $\text{BaF}_2$  присутствует экситонная полоса (ЭП) ( $\lambda_m \approx 310$  нм) с нежелательно длительным временем спада 600–800 нс. Указанная проблема решается в основном введением в  $\text{BaF}_2$  примесей, подавляющих экситонное свечение или введением активатора, преобразующего экситонное излучение в более быстрое активаторное свечение.

Следует отметить, что в настоящее время керамики рассматриваются как перспективная замена монокристаллам, как в лазерной, так и в сцинтилляционной технике. В данной работе была предпринята попытка улучшения сцинтилляционных характеристик  $\text{BaF}_2$  путем введения в кристаллы примеси Tm и приготовления керамик из этих кристаллов.

Представлены результаты исследований кристаллических и керамических образцов нелегированного фторида бария, а также кристаллических образцов  $\text{BaF}_2:\text{Tm}^{3+}$  с различными концентрациями примеси: 0.5, 1.0, 2.0 и 3.0%. Нами исследованы спектрально-кинетические и абсорбционные характеристики полученных керамик в сравнении с таковыми для исходных кристаллов.

В данной работе предложена модель процессов, протекающих в  $\text{BaF}_2:\text{Tm}$ . Под воздействием высокоэнергетического возбуждения в зоне проводимости  $\text{BaF}_2$  создаются электроны, а в валентной ( $2p, F$ ) и верхней остовной ( $5p, Ba$ ) зонах –

дырки. Дырки валентной зоны в ионных кристаллах испытывают аксиальную релаксацию и за время  $\sim 10^{-11}$  с преобразуются в  $V_k$  центры [3]. Затем  $V_k$  центры захватывают электроны из зоны проводимости, образуя автолокализованные экситоны, являющиеся источником нежелательной медленной компоненты люминесценции. Дырки остоной зоны за время  $\leq 10^{-9}$  с рекомбинируют с электронами валентной зоны, производя остоно-валентную люминесценцию. Ион  $Tm^{3+}$  также захватывает дырку из валентной зоны, преобразуясь в  $Tm^{4+}$ , а затем, захватив электрон из зоны проводимости, он становится возбужденным ионом  $(Tm^{3+})^*$ . Далее происходит резонансный перенос энергии от иона  $(Tm^{3+})^*$  к близлежащей паре иона  $Ba^{2+}$  и нейтрального иона  $F_i$ . Потеря электрона ионом бария соответствует образованию остоной дырки, которая за очень короткое время рекомбинирует с электроном валентной зоны, производя дополнительный фотон остоно-валентной люминесценции. Конечная стадия процесса, то есть излучение фотона ОВП, происходит в результате рекомбинации электрона из какого-либо ближайшего иона фтора с дыркой иона  $Ba^{3+}$ .

Полученные сцинтилляторы обладают улучшенными характеристиками: преобладающая постоянная спада сцинтилляций субнаносекундного диапазона (0.4 – 0.8 нс); высокая интенсивность сверхбыстрого компонента (150-200% от таковой для стандартного монокристаллического  $BaF_2$ ).

Все это делает рассматриваемые керамики перспективными сцинтилляционными материалами для использования в детекторах рентгеновского и гамма излучения, в которых важно временное разрешение.

### Литература

1. R. Novotny. IEEE Trans. Nucl. Sci. 38, 379, (1991).
2. P.A. Rodnyi, Core-valence transitions in scintillators, Radiation Measurements, 38(4-6), (2004).
3. R.T. Williams and K.S. Song. J. Phys. Chem. Solids 51, 679 (1990).