

КАТОДОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ $\text{LiF-Fe}_2\text{O}_3$

Фазылов Д.С., Петикарь П.В., Камрикова А.А.

Научный руководитель: Корепанов В. И., д.ф.-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: paul_petikar@mail.ru

Введение

Фторид лития может быть использован в сцинтилляционных системах регистрации астрофизических нейтрино, частиц «темной материи». Чистые кристаллы LiF под действием ионизирующих излучений люминесцируют очень слабо и только при низких температурах [1]. Высоким выходом свечения обладают кристаллы с примесями оксидов тяжелых металлов: LiF-WO₃, LiF-TiO₂, LiF-Fe₂O₃ и др. [2]. Центром сцинтилляционного свечения является оксианионный комплекс. Однако до настоящего времени не выяснен механизм возбуждения люминесценции и структура этого центра, без знания которых невозможно определить пути совершенствования сцинтилляционных детекторов.

Ранее проведенными в лаборатории «Импульсной спектроскопии» исследованиями было установлено, что при облучении электронами наблюдается одинаковый характер поведения этих кристаллов в поле радиации и схожие закономерности импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) LiF-W, LiF-Ti. Цель настоящей работы – изучить особенности ИКЛ при воздействии наносекундными электронными импульсами кристаллов LiF-Fe₂O₃.

Методика

Возбуждение ИКЛ производилось пучком электронов, генерируемых наносекундным импульсным ускорителем, с параметрами: длительность импульса тока электронов: 2-10нс; диапазон возможных плотностей тока пучка электронов: 0.1-1000А/см²; средняя энергия электронов: 200-250кэВ. Регистрация спектрально-кинетических характеристик излучения осуществлялась с помощью монохроматора МДР 204, фэу 97, 83 и осциллографа Tektronix с временным разрешением 7 нс.

Результаты исследований

Нами подробно изучены спектрально-кинетические характеристики ИКЛ кристалла LiF-Fe₂O₃ в температурном интервале 20.....300 К и временном диапазоне 10 нс – 10 мс.

Как оказалось, в спектрах сцинтилляционного (активаторного) свечения можно выделить две основные полосы люминесценции с максимумами при 2,65 эВ и 2,85 эВ. При 300 К кинетики свечения каждой полосы содержат два экспоненциальных компонента затухания с характеристическими временами $\tau = 74$ мкс и $\tau = 1,9$ мкс, соответственно. На рис. 1 показаны

спектры миллисекундного и микросекундного компонентов ИКЛ кристалла LiF-Fe₂O₃.

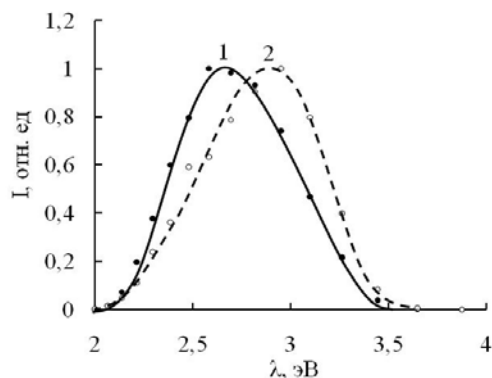


Рис. 1. Нормированные спектры ИКЛ сцинтиллятора LiF-Fe₂O₃ при 300 К: 1–миллисекундный компонент, 2–микросекундный компонент

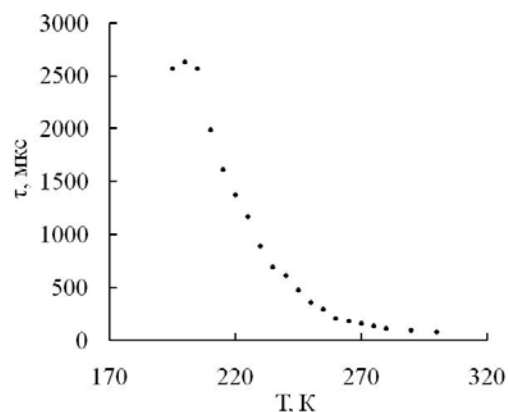


Рис. 2. Температурная зависимость времени затухания медленного компонента свечения.

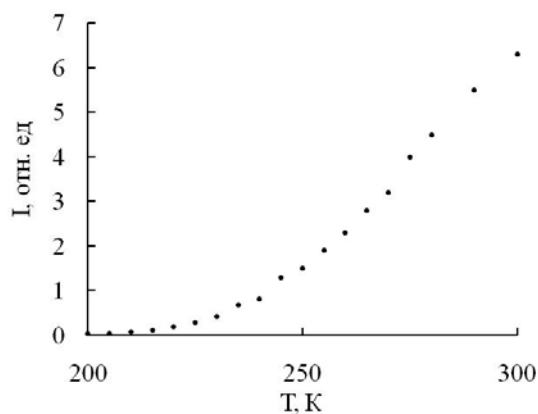


Рис. 3. Зависимость интенсивности от температуры медленного компонента затухания свечения.

При изменении температуры кристаллов при облучении изменяются параметры кинетики затухания люминесценции, интенсивности полос излучения (I), высвеченные светосуммы (S) и их соотношения для обеих полос ИКЛ. На рис. 2, 3 показаны температурные зависимости τ , I медленного компонента затухания. Из представленных результатов исследований следует, что при температурах меньших 200 К этот компонент затухания в спектрах практически не заметен из-за уменьшения I. Поэтому при 15 К обе полосы представлены только быстрым компонентом затухания активаторной ИКЛ. При этом соотношение полос в сравнении с 300 К изменяется. По-видимому, эти две полосы принадлежат двум типам электронных состояний центра люминесценции.

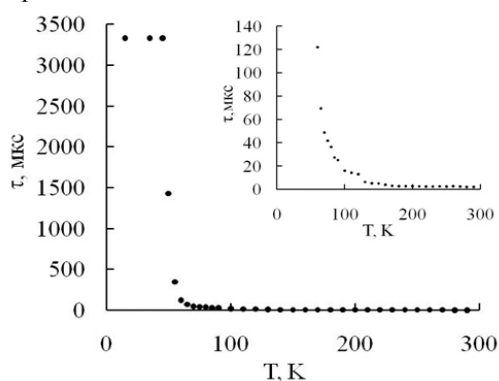


Рис. 4. Температурная зависимость времени затухания быстрого компонента свечения.

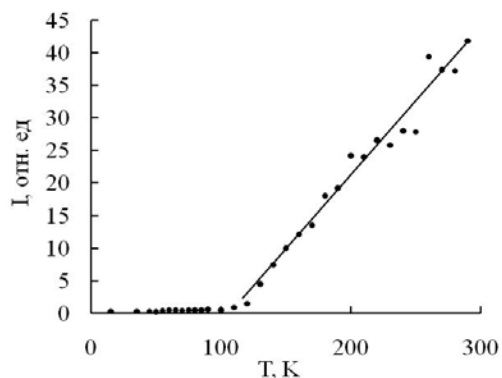


Рис. 5. Зависимость интенсивности от температуры медленного компонента затухания свечения.

Температурные зависимости τ , I и S быстрого компонента затухания ИКЛ показаны на рис. 5, 6. Анализ этих зависимостей показывает, что резкие изменения значений этих параметров ИКЛ связаны с характерными температурными интервалами процессов создания и накопления, различных типов радиационных дефектов структуры в чистых кристаллах фторида лития. Это отличает кристалл LiF-Fe₂O₃ от LiF-WO₃, LiF-TiO₂

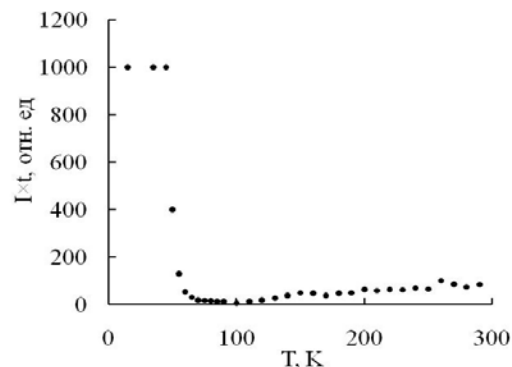


Рис.6. Зависимость S от температуры медленного компонента затухания свечения

На рис.4 показана температурная зависимость τ затухания люминесценции быстрого компонента затухания свечения. Видно, что τ постоянно при низких температурах, но при $T > 50$ К резко уменьшается, затем плавно уменьшается с ростом температуры. Вторая температурная точка существенного изменения τ приходится на область 110 - 140 К (вставка на рис. 5). Известно, что в чистых кристаллах фторида лития в температурном интервале 20 – 60 К происходит преобразования между различными типами автолокализованных экситонов (АЛЭ), тушение их люминесценции, наблюдается делокализация Н-центров. При температурах близких к 125 К в кристалла фторида лития происходит делокализации накопленных при низких температурах V_к-центров. При 100 – 120 К уменьшается эффективность создания АЛЭ и растет эффективность создания пар френкелевских дефектов. На эти же температурные области приходятся также характерные точки резкого изменения интенсивности и высвеченной светосуммы ИКЛ (рис. 5и рис.6).

Таким образом, мы нашли систему, которая может стать модельной для выяснения механизмов процесса передачи энергии от основы сцинтиллятора (LiF) центру свечения – оксианионному комплексу (Fe₂O₃, W₂O₄, TiO₂ и др.). В частности эти результаты имеют важное значение для выяснения механизма реализации стадия разгорания сцинтилляционного свечения.

Литература

- [1]. Д.Абдурашитов, А.Гектин, А.Непомнящих, Е.Раджабов, Н.Ширан.- Возможности применения сцинтилляционных кристаллов LiF как детекторов частиц темной материи,- ИСМАРТ-2012, Дубна.- 20 ноября 2012.
- [2]. Лисицына Л.А., Гречкина Т.В., Корепанов В.И., Лисицын В.М. Короткоживущие первичные радиационные дефекты в кристалле LiF // ФТТ.- 2001.- Том. 43, вып. 9.- С. 1613.