

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КИСЛОРОДНЫХ ЦЕНТРОВ В КРИСТАЛЛАХ LiF

Гуанхуэй Гэ, П.В. Петикарь, А.А. Липовка

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

Сцинтилляторы на основе фторида лития с примесями металлов используются для регистрации различных частиц, в том числе слабозаимодействующих с веществом. Однако до настоящего времени не выяснена окончательно ни структура центров свечения, ни механизмы их возбуждения. В работах [1..3] нами представлены результаты исследования параметров и характеристик импульсной активаторной катодолюминесценции кристаллов LiF-WO₃, LiF-TiO₂, LiF-Fe₂O₃. В настоящей работе мы описываем исследования фотостимулированной люминесценции кристаллов фторида лития с широким набором кислородосодержащих примесей: LiF-WO₃, LiF-TiO₂, LiF-Fe₂O₃, LiF-Li₂O, LiF-OH в спектральном диапазоне 6,5 – 4,4 эВ при температурах 20 – 300 К. Отметим, что кристаллы с примесями W и Ti обладают сильным поглощением в области спектра < 290 нм.

Фотолюминесценции кристаллов при 300 К

Показано, что спектр люминесценции кислородного центра в кристалле LiF:Li₂O состоит из двух полос с полуширинами 0,5 эВ и максимумами полос при 3.1 эВ и 2,64 эВ. Максимум спектра возбуждения люминесценции соответствует полосе поглощения (O₂⁻ - V_a) – центра.

В кристаллах LiF:OH в области длин волн 200 – 300 нм возбуждается люминесценция только кислородных центров. Эти центры, по-видимому, создаются при выращивании кристаллов. Фотолюминесценции, вызванной примесью, в этом диапазоне энергий возбуждающего излучения не обнаружено.

В кристаллах LiF:Fe₂O₃, также, как и в кристаллах LiF:Li₂O, LiF:OH, в области длин волн 200 – 300 нм возбуждается преимущественно люминесценция кислородных центров (O₂⁻-V_a). Слабое активаторное свечение обусловлено полосой с максимумом при энергии 3,37 эВ и полушириной около 0,5 эВ.

Спектры люминесценции кристаллов LiF:WO₃, измеренные в диапазоне длин волн 350-800 нм существенно отличаются от спектров люминесценции кристаллов LiF:Li₂O, LiF:OH, LiF:Fe₂O₃. Спектр может быть представлен суммой двух полос с максимумами при 2,9 эВ и 2,6 эВ и полуширинами около 0,5 эВ. Таким образом, в спектре излучения кристалла LiF:WO₃ обнаружены две полосы люминесценции, которые, очевидно, связаны с примесью активатора (W). Возможно люминесценция (O₂⁻-V_a)-центра мала, в сравнении с примесной, из-за высокой концентрации последней. Спектр возбуждения люминесценции LiF:WO₃ также сильно отличаются от спектров возбуждения кристаллов LiF:Li₂O и может быть разложен на 2 компонента: кислородный ((O₂⁻ - V_a) – центр) и примесный кислородный.

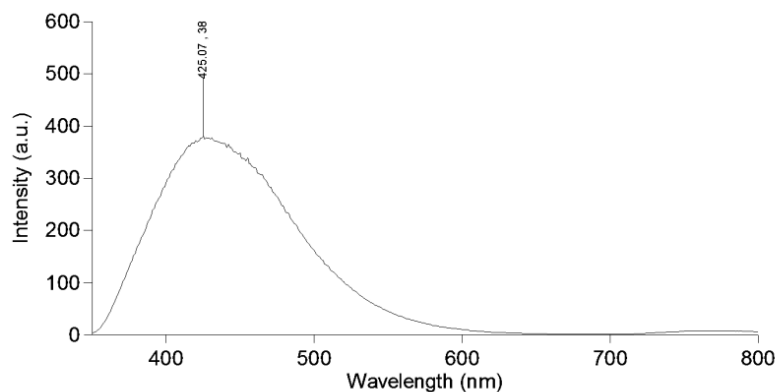


Рис. 1. Спектр люминесценция кристалла LiF:WO₃ (возбуждение при E = 4,96 эВ)

Люминесценция кристаллов LiF-TiO₂ также содержит примесные полосы люминесценции. Из анализа полученных данных можно сделать вывод о том, что в образце присутствуют, как минимум,

три полосы излучения. Одна из полос соответствует полосе люминесценции ($O_2^- - V_a$)-центра, две другие с максимумами в области 2, 05 и 2,5 эВ имеют примесное происхождение. Характер влияния примеси титана на спектры люминесценции и спектры возбуждения люминесценции такой же, как в кристаллах с примесями вольфрама. Отличия в конкретных параметрах спектров или соотношениях интенсивностей полос излучения и возбуждения.

Особенности люминесценции кристаллов при 20 К

Нами подробно изучены кристаллы $LiF:TiO_2$ и $LiF:Li_2O$. Спектры люминесценции кристаллов $LiF:Li_2O$ обусловлены свечением кислородных центров ($O_2^- - V_a$). Особенность состоит в том, что люминесценция кислородных центров возбуждается не только в области 6,2–5,0 эВ, но и в других диапазонах длин волн. Дополнительные максимумы в спектре возбуждения наблюдаются при 4,6 эВ и 4,0 эВ.

Спектры фотолюминесценции кристаллов $LiF:TiO_2$ при 20 К подобны спектрам, измеренным при 300 К. Особенность состоит в том, что также как и в кристалле $LiF:Li_2O$, люминесценция эффективно возбуждается не только в области поглощения кислородных центров и примеси титана, но и при длинах волн, обнаруженных при низких температурах в кристалле $LiF:Li_2O$ (4,6 эВ и 4,0 эВ).

Изучены температурные зависимости параметров полос активаторного свечения в кристаллах $LiF:TiO_2$ и $LiF:WO_3$. Полуширина полос практически не изменяется в диапазоне 20 – 300 К, а интенсивность уменьшается при повышении температуры от 20 К. Видно два характерных участка нарушения плавного хода кривой изменения интенсивности (50 К и 250 К). Максимум излучения слабо зависит от температуры.

Выращивание кристаллов с поливалентными примесями сопровождается вхождением в них различных компенсирующих примесей и дефектов. По этой причине центр свечения представляет собой комплекс из ряда примесей и дефектов структуры кристалла. Предполагается, что в сцинтилляторах типа $LiF-W$, $LiF-Ti$ излучательными центрами являются оксианионные комплексы WO_3 , TiO_2 .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Korepanov V.I., Petikar P.V., Kamrikova A.A... Pulsed cathodoluminescence of $LiF-Fe_2O_3$ crystals // Journal of Physics: Conference Series. – 2014. 552 012038
2. Korepanov V.I., Petikar P.V., Ge Guanghui. Luminescence of LiF Crystals Doped with Metal Oxide Impurities // Key Engineering Materials, – 2016. – 685. – С. 623– 626
3. V.I. Korepanov, P.V. Petikar, Ge Guanghui, Yanyi Li. Pulsed Cathodoluminescence of LiF Crystals Doped with W and Ti // Key Engineering Materials. – 2016. – 712.– С. 372– 375