

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ КРИСТАЛЛОВ $CdWO_4$ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРОННОМ И ЛАЗЕРНОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

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

Научный руководитель: Корепанов В.И., профессор, д.ф.-м.н.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: aidanabrilliant@mail.ru

Введение

Вольфраматы двухвалентных ионов кадмия, цинка обладают хорошими сцинтилляционными свойствами и применяются в томографии, рентгеновских сканирующих установках, при регистрации нейтронных потоков [1, 2]. Совершенствование сцинтиллятора происходит путем введения примесей, оптимизации технологии изготовления, создания пленочных структур [1, 2].

В настоящей работе представлены результаты исследований импульсных катодолуминесценции (ИКЛ) и фотолуминесценции (ИФЛ) кристаллов $CdWO_4$, $CdWO_4-Li$, $CdWO_4-Li, Bi$, выращенных в институте монокристаллов НАН Украины (г. Харьков).

Методики и объекты исследований

Исследования спектрально-кинетических характеристик люминесценции производились в спектральном диапазоне 350 – 750 нм, в температурном интервале 20 – 300 К с временным разрешением 7 нс. Возбуждение люминесценции производилось пучком электронов длительностью 7 нс и излучением азотного лазера с $\lambda = 337$ нм и длительностью 5 нс. Регистрация характеристик излучения осуществлялась с использованием монохроматора МДР 204, фэу 97, 83 и осциллографа Tektronix. Спектры люминесценции построены с учетом спектральной характеристики чувствительности измерительного тракта спектрометра.

ИКЛ кристаллов $CdWO_4$

На рис. 1 показаны нормированные спектры импульсной катодолуминесценции кристалла $CdWO_4$, измеренные в момент окончания электронного импульса при 20 К и 300 К. Видно, что при 300 К спектры состоят из совокупности полос с максимумами в области 420 – 430 нм, 480 – 490 нм, 570 – 580 нм, а также относительно слабого свечения с $\lambda > 600$ нм. С понижением температуры облучения происходит смещение максимума суммарного спектра люминесценции кристалла $CdWO_4$ в длинноволновую сторону. Объяснить этот эффект можно только изменением соотношения интенсивностей отдельных полос люминесценции при разных температурах.

Кинетика затухания ИКЛ $CdWO_4$ одинакова в пределах спектра основной «сине-зеленой» люминесценции и хорошо описывается экспоненциальным законом затухания. Значения характеристического времени затухания τ и его температурная зависимость совпадают с

опубликованными для оптического возбуждения и изменяются от 25 мкс при 20 К до 12-15 мкс при 300 К. Значение τ не зависит от плотности возбуждения в пределах изменения поглощенных доз за импульс от 20 Гр до 250 Гр. Этот факт однозначно говорит о внутрицентровом характере люминесценции при возбуждении электронным пучком.

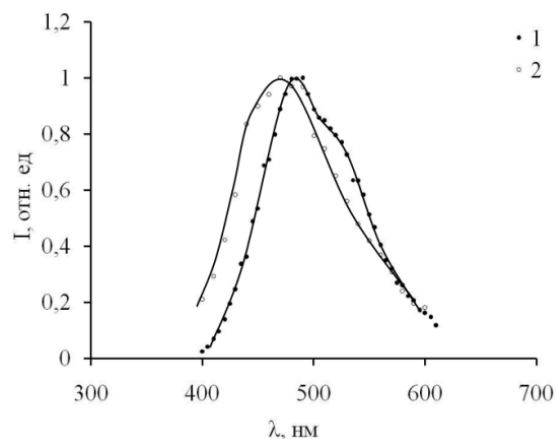


Рис. 1. Спектры импульсной катодолуминесценции $CdWO_4$ при 15 К (1) и 300 К (2)

Особенности импульсной катодолуминесценции $CdWO_4-Li$, $CdWO_4-Li, Bi$

Спектр поглощения $CdWO_4-Li$ совпадает с таковым для чистого кристалла $CdWO_4$, а в спектре поглощения $CdWO_4-Li, Bi$ появляется очень интенсивная полоса с максимумом при 350 нм.

На рис. 2 представлены, измеренные нами, спектры импульсной катодолуминесценции кристаллов $CdWO_4-Li$ и $CdWO_4-Li, Bi$ при 15 К. Введение в кристалл примесей Li и Bi приводит к достаточно заметным изменениям вида спектра ИКЛ, например, к смещению в длинноволновую область. Такое смещение в кристаллах $CdWO_4-Li, Bi$ объясняют появлением люминесценции оксида висмута и наличием собственных дефектов структуры примесного кристалла [2]. Также как в «чистых» образцах, при понижении температуры общий максимум спектра ИКЛ $CdWO_4-Li$, $CdWO_4-Li, Bi$ смещается в длинноволновую область.

Кинетика затухания катодолуминесценции кристалла $CdWO_4-Li$ описывается двумя экспонентами с характеристическими временами затухания $\tau = 20$ и $\tau = 4,2$ мкс, соответственно. Значения времен затухания τ практически не зависят от температуры в измеренном нами диапазоне 15...300 и плотности возбуждения в

пределах изменения поглощенных доз за импульс от 20 Гр до 250 Гр.

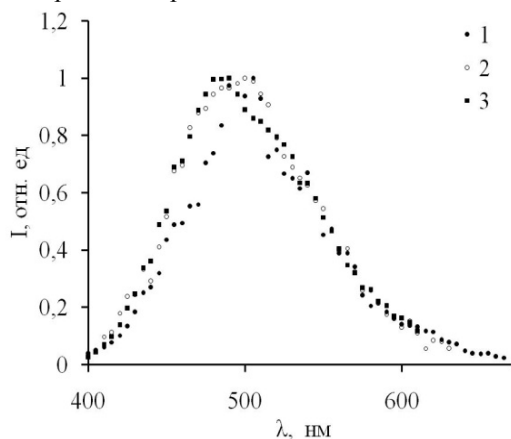


Рис. 2. Спектры импульсной катодолуминесценции $\text{CdWO}_4\text{-Li, Bi}$ (1), $\text{CdWO}_4\text{-Li}$ (2), CdWO_4 (3) при 15 К

Близкие значения параметров кинетики затухания свечения ИКЛ и их температурные зависимости характерны и для кристалла $\text{CdWO}_4\text{-Li, Bi}$. Присутствие в кристаллах $\text{CdWO}_4\text{-Li}$ и $\text{CdWO}_4\text{-Li, Bi}$ компонента с $\tau = 4,2$ мкс, по-видимому, связано с присутствием в обоих кристаллах примеси Li. Близкие значения τ медленного компонента затухания во всех кристаллах говорит о том, что центр свечения имеет одинаковую структуру. Влияние примеси сводится лишь к незначительным изменениям спектрально-кинетических характеристик люминесценции.

Импульсная фотолуминесценция CdWO_4

Значительный интерес для понимания механизма возбуждения сцинтилляционного свечения, выявления путей повышения светового выхода, устранения причин деградации представляют исследования при оптическом возбуждении вольфраматов Cd и Zn в области $\lambda > 320$ нм, то есть в области поглощения преимущественно дефектами структуры решетки. Нами изучены спектрально-кинетические параметры и характеристики импульсной фотолуминесценции при возбуждении наносекундными импульсами излучения азотного лазера ($\lambda_{\text{возб}} = 337$ нм). Излучение лазера попадает

преимущественно в область примесного поглощения и, по крайней мере, при низких температурах слабо возбуждает область собственного поглощения кристалла CdWO_4 .

Из представленных результатов видно, что спектры ИФЛ и ИКЛ отличаются, но не значительно. По-видимому, эти отличия также связаны с изменением соотношений элементарных полос излучения, из которых состоит суммарный спектр сцинтилляционного свечения.

Параметры кинетики затухания свечения ИФЛ при 300 К близки к параметрам кинетики затухания ИФЛ. Однако, как оказалось, температурные зависимости интенсивности ИФЛ (I_0), времени затухания свечения (τ) и высвеченной светосуммы ($S = I_0 \tau$) ИФЛ кристалла CdWO_4 очень сильно отличаются от соответствующих температурных зависимостей ИКЛ.

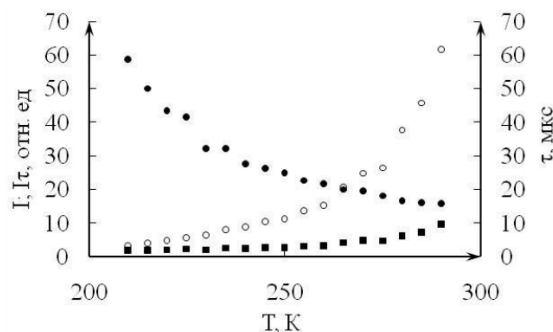


Рисунок 3 – Зависимости τ , I_0 и S ($S = I_0 \tau$) импульсной фотолуминесценции кристалла CdWO_4 от температуры (Т).
○ - $I_0(T)$; ■ - $S(T)$; ● - $\tau(T)$

Литература

1. Гринев Б.В., Рыжиков В.Д., Семиноженко В.П. Сцинтилляционные детекторы и системы контроля радиации на их основе.- Киев: Наукова Думка, 2007.- 447 с.
2. Yuriy Zorenko, Vitaliy Gorbenko, Taras Voznyak, Ivan Konstankevych, Volodymyr Savchyn, Mirosław Batentschuk, Albrecht Winnacker, and Christoph Josef Brabec.- Scintillators Based on CdWO and CdWO Bi Single Crystalline Films.- IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE, VOL. 59, NO. 5, OCTOBER 2012.- P. 2281- 2285