

UP- И DOWN КОНВЕРСИОННО ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Up-конверсионная люминесценция известна как оптический процесс, включающий поглощение нескольких фотонов возбуждения, обычно в ИК-области спектра, с последующим излучением одного фотона с более короткой длиной волны в видимой или УФ областях спектра. Так же как и down-конверсионная люминесценция, это свойство трехвалентных редкоземельных ионов (РЗИ), таких как Er^{3+} , Tm^{3+} , Ho^{3+} и т. д., которые имеют сложную структуру электронных энергетических состояний и могут генерировать люминесценцию как самостоятельно, так и в комбинации друг с другом или другими лантаноидами. Up-и down-конверсионная люминесценция представляет большой интерес из-за различных оптических применений в качестве люминофоров в освещении, для различных типов лазеров, дисплеев, элементов солнечных батарей и т. д. Среди различных исходных матриц сложнооксидные материалы на основе цирконатов со структурой пирохлора могут быть перспективными матрицами для up-и down-конверсионно люминесцирующих материалов. Так, цирконаты со структурой пирохлора имеют общую формулу $\text{A}_2\text{B}_2\text{O}_7$, где А представляет собой больший двухвалентный или трехвалентный катион (например, La, Ce, Hf), в то время как В представляет собой меньший четырехвалентный катион циркония [1]. Среди широкого спектра пирохлоров материалы на основе $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ и $\text{Ce}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ используются в различных областях благодаря их термическим и каталитическим свойствам. Однако представляет интерес использования цирконатов в качестве эффективных up-и down-конверсионно люминесцирующих материалов.

Для создания сложнооксидных материалов на основе цирконатов лантана и церия использован золь-гель метод. Данный метод позволяет регулировать распределение РЗИ в структуре синтезированных материалов. В качестве исходных реагентов для получения геля выбраны нитраты лантаноидов $\text{Ln}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($\text{Ln} = \text{La}$ или Ce , Yb , Er), гидрат циркония $\text{ZrO}(\text{NO}_3)_2 \cdot 5,73 \text{H}_2\text{O}$ и гидрат аммония ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Гель сушится, прокаливается при 600–800 °С в течение 4-х часов. Полученный порошок измельчается и прессуется в виде дисков толщиной 1 мм. Для формирования в образцах кристаллической фазы цирконатов лантана температура термообработки составляла 1100–1500 °С/3 ч и 1400–1600 °С

для кристаллической фазы цирконатов церия. В зависимости от концентрации оксидов эрбия и иттербия образцы маркированы, как $(Er_xYb_{0,02})LZO$ и $(Er_xYb_{0,02})CZO$ ($x = 0,01; 0,02; 0,05; 0,10$), соответственно. Анализ структуры сформированных материалов показал образование кристаллических фаз $La_2Zr_2O_7$ и $Ce_2Zr_2O_{7,9}$ [2].

Исследованы люминесцентные характеристики цирконатов при возбуждении в УФ ($\lambda_{ex} - 378$ нм) и ИК области ($\lambda_{ex} - 980$ нм) с генерацией излучения в видимом диапазоне. Показано наличие эмиссии в зелёной части спектра при $500 - 550$ нм, обусловленной ${}^2H_{11/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (525 нм) и ${}^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ (545 нм) переходам Er^{3+} ионов, а также красной эмиссии при $655 - 680$ нм, отвечающей ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ переходам Er^{3+} . Кроме того, наблюдается влияние температуры термообработки на люминесцентные характеристики материалов, что обусловлено уменьшением дефектов кристаллической решетки и уменьшением пористости керамики и согласуется с плотностью материалов. С увеличением содержания ионов Er^{3+} доминирующая длина волны люминесценции разработанных материалов изменяется в диапазоне эмиссии от зеленого (550 нм) до желтого (565 нм) цвета.

Исследование люминесценции материалов при возбуждении в УФ ($\lambda_{ex} - 378$ нм) и ИК области ($\lambda_{ex} - 980$ нм) с генерацией излучения в ИК диапазоне показало наличие интенсивной полосы люминесценции при $1533-1540$ нм, обусловленной переходами ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ ионов Er^{3+} . Наблюдается увеличение интенсивности люминесценции с повышением температуры термообработки и увеличением концентрации ионов эрбия в составе керамического материала.

На основе проведенного комплексного анализа структурных и люминесцентных характеристик оптимизированы составы и технологические параметры получения эффективных up-и down-конверсионно люминесцирующих материалов.

Данная работа выполняется в рамках задания 2.69 ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», подпрограмма «Наноматериалы и нанотехнологии».

ЛИТЕРАТУРА

1 Review of $A_2B_2O_7$ pyrochlore response to irradiation and pressure / M. Lang [et al.] // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. – 2010. – Vol. 268. – P. 2951–2959.

2 Structure and Up-Conversion Luminescence of Er^{3+}/Yb^{3+} Co-Doped Lanthanum Zirconate Ceramics / E.E. Trusova [et al.] // International Journal of Nanoscience. – 2019. – Vol. 18, № 3–4. – P. 1940081–85.