

УДК 535.37, 54.057

СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА НАНОДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ $Y_3Al_5O_{12}:Yb^{3+}$, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНО-СОЛЕВЫМ МЕТОДОМ

Булыга Д.В. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – д. х. н. Евстропьев С.К.

(Университет ИТМО, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), АО "Государственный Оптический Институт им. С.И. Вавилова")

Проведено исследование люминесцентных характеристик и спектров ИК поглощения нанодисперсных порошков $Y_3Al_5O_{12}:Yb^{3+}$, синтезированных полимерно-солевым методом. Показано, что спектрально-люминесцентные характеристики исследуемых материалов близки к свойствам монокристаллического $Y_3Al_5O_{12}:Yb^{3+}$.

Введение. Алюмоиттриевый гранат ($Y_3Al_5O_{12}$, YAG), легированный ионами иттербия, является перспективным лазерным материалом. Широкие полосы поглощения и люминесценции ионов иттербия позволяют снизить требования к температурной стабильности источников излучения накачки, а близкие значения ионного радиуса иттрия и иттербия позволяют вводить ионы Yb^{3+} в кристаллы алюмоитриевого граната без значительных искажений структуры.

Выращивание лазерных кристаллов является трудоемким и дорогостоящим процессом, поэтому в настоящее время актуальна разработка методов производства высокопрозрачных лазерных керамик. Относительная стоимость производства керамических материалов ниже, чем стоимость производства кристаллов. Кроме того, на основе лазерных керамик могут быть созданы крупногабаритные лазерные элементы.

Лазерные керамики производятся путем спекания нанодисперсных кристаллических порошков, которые могут быть синтезированы жидкостными или традиционными твердофазными методами. Основным преимуществом жидкостных методов являются более низкие температуры синтеза по сравнению с твердофазными методами. Одним из наиболее простых и экономичных жидкостных методов синтеза наноматериалов является полимерно-солевой метод.

Целью настоящей работы являлось исследование спектрально-люминесцентных характеристик образцов $Yb:YAG$ ($Y_3Al_5O_{12}:Yb^{3+}$), синтезированных полимерно-солевым методом, а также их сравнение с характеристиками монокристаллического $Yb:YAG$.

Основная часть. Методика полимерно-солевого синтеза нанопорошков $Yb:YAG$, исследованных в данной работе, заключается в следующем. Массы нитратов алюминия и иттрия рассчитываются исходя из стехиометрических соотношений, масса сульфата иттербия – исходя из требуемой концентрации примеси в конечном продукте. Водный раствор поливинилпирролидона (50 г/л), и солей металлов высушивают при температуре около 70°C. Объем воды рассчитывается исходя из соотношения 400 мл воды на 5 г конечного продукта. Полученную из раствора полимерно-солевою композицию подвергают термообработке при температуре 900-1100 °C. В ходе термообработки при разложении солей и полимера выделяется большой объем газообразных оксидов углерода и азота, что обеспечивает высокую дисперсность синтезируемого материала.

Были исследованы 2 серии образцов: 3 образца порошков $Yb:YAG$ с концентрацией иттербия 1 масс. %, синтезированные при температурах 900, 1000 и 1100 °C; 3 образца, синтезированные при 1000 °C с концентрациями легирующего элемента 2, 3 и 4 масс. %. Согласно данным рентгенофазового анализа образцы практически полностью состоят из кубической фазы YAG, однако образцы из второй серии содержат незначительное

количество моноклинной фазы $Y_4Al_2O_9$. Средние размеры кристаллов, рассчитанные по формуле Шерера, лежат в пределах 18-35 нм.

Спектры ИК поглощения образцов были получены с помощью фурье-спектрометра. В полученных спектрах наблюдаются полосы, характерные для алюмоиттриевого граната. Наиболее хорошо разрешены полосы, соответствующие колебаниям связи Al-O в тетраэдрических (AlO_4) и октаэдрических (AlO_6) структурных элементов. ИК-спектры всех образцов идентичны, при изменении температуры синтеза или концентрации иттербия сдвиги полос не наблюдаются.

Спектры люминесценции были зарегистрированы в диапазоне 990-1070 нм, возбуждение люминесценции производилось при помощи полупроводникового лазера с длиной волны 975 нм. Форма спектров люминесценции практически совпадает со спектром монокристаллического Yb:YAG, и не изменяется при изменении температуры синтеза и концентрации иттербия. Наиболее интенсивная полоса в спектре имеет максимум около 1030 нм и соответствует переходу $^2F_{5/2}-^2F_{7/2}$, также наблюдаются две менее интенсивные полосы с максимумами около 1010 и 1050 нм.

Значения времени жизни люминесценции были определены путем аппроксимации экспоненциальной функцией кривых затухания люминесценции. Значения времени жизни люминесценции лежат в пределах 1,4-1,9 мс. Время жизни люминесценции уменьшается при увеличении концентрации иттербия, что может быть связано с повышенной дефектностью нанокристаллов и неполным формированием люминесцентных центров из-за низкой температуры и продолжительности синтеза. Влияние этих факторов особенно сильно проявляется при более высоких концентрациях примеси.

Выводы. В ходе работы были исследованы спектры ИК поглощения, спектры люминесценции и кривые затухания люминесценции. Спектрально-люминесцентные свойства нанокристаллических порошков Yb:YAG, синтезированных полимерно-солевым методом близки к свойствам монокристаллического алюмоиттриевого граната. Интересной и перспективной задачей является получение керамического материала на основе нанодисперсных порошков Yb:YAG, синтезированных полимерно-солевым методом.

Булыга Д.В. (автор)

Подпись

Евстропьев С.К. (научный руководитель)

Подпись