

ВЛИЯНИЕ НИТРАТА ЕВРОПИЯ НА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОРОШКОВ СИСТЕМЫ ОКСИД ИТТРИЯ – ОКСИД АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ

Деулина Д.Е.¹, Пайгин В.Д.², Шевченко И.Н.³, Илела А.Э.⁴

¹Аспирант, гр. АЗ-49, e-mail: ded5@tpu.ru;

²Научный сотрудник НОИЦ НМНТ, e-mail: vpaygin@mail.ru;

³Инженер НОИЦ НМНТ, e-mail: ins16@tpu.ru;

⁴Доцент Отделения материаловедения ИШНПТ, e-mail: 10detahy@tpu.ru;
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, Томская область, город Томск, пр-кт Ленина, д. 30

В настоящее время иттрий-алюминиевый гранат (YAG, $Y_3Al_5O_{12}$) является перспективным материалом. Монокристаллы YAG широко применяется в качестве рабочего тела твердотельного лазера, а также в сцинтилляционной и оптической технике [1]. Он обладает высокими механическими и оптическими характеристиками, низким коэффициентом теплового расширения и низким коэффициентом акустических потерь [2]. Благодаря кубической кристаллической структуре иттрий-алюминиевый гранат пропускает электромагнитное излучение в диапазоне длин волн от 250 до 5000 нм [3].

Существует ряд распространенных технологий синтеза порошка иттрий-алюминиевого граната кубической модификации и высокой чистоты с минимальными производственными затратами. К ним относятся: гидротермальный и гидротермический синтез, золь-гель метод, метод распылительного пиролиза или распылительной сушки, самораспространяющийся высокотемпературный синтез и химическое осаждение [1].

Выбор оптимального режима термической обработки прекурсоров в процессе синтеза [1], а также введение ионов активаторов (ионы редкоземельных элементов Eu, Tb, Er, Ce, Sm Nd, Pr) [2], в состав порошка системы оксид иттрия – оксид алюминия позволяют получить люминесцентный материал с хорошими оптико-люминесцентными свойствами [4].

В данной работе исследовано влияния концентрации ионов европия (Eu^{3+}) на свойства порошков системы оксид иттрия – оксид алюминия, синтезированных методом химического осаждения с применением распылительной сушки.

Порошки системы оксид иттрия – оксид алюминия были синтезированы методом обратного осаждения. В качестве исходных компонентов использовали нитрат иттрия $Y(NO_3)_3$ Реахим, Россия), нитрат алюминия $Al(NO_3)_3$ (Реахим, Россия) и нитрат европия $Eu(NO_3)_3$ (Реахим, Россия). Из нитратов иттрия, алюминия и европия были получены 1 молярные растворы с использованием дистиллированной воды. Растворы смешивали в соотношении 3:5 нитрата иттрия и нитрата алюминия соответственно. В качестве осадителя использовали аммиак (NH_3) (Сигма Тек, Россия).

Выделение осуществляли при помощи распылительной сушки на установке NanoSprayDryer B-90 (Buchi, Швейцария). Термическую обработку полученных прекурсоров проводили на воздухе при температурах 1000 °С в течение 3 часов.

Оценка гранулометрического состава порошка была проведена методом лазерной дифракции (Shimadzu SALD-7101, Япония), в качестве дисперсионной среды использовалась дистиллированная вода, измерение проводилось под ультразвуковым воздействием, встроенного диспергатора (32 кГц, 40 Вт).

На рис. 1 представлены гистограммы распределения структурных элементов порошков системы оксид иттрия – оксид алюминия с добавлением ионов европия в количестве от 0,01 до 1 % по размеру.

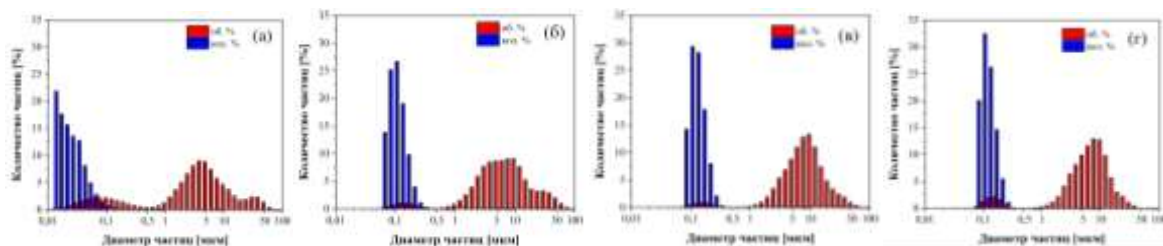


Рис. 1. Количественное и объемное распределение частиц исследуемых порошков по размерам для содержания ионов европия: а – 0 %; б – 0,01 %; в – 0,1 %; г – 1 %

В табл. 1 представлены результаты проведения гранулометрического анализа исследуемых порошков.

Таблица 1

Результаты гранулометрического анализа исследуемых порошков

Содержание Eu^{3+} , %	Средний размер частиц, мкм	D_{10} %, мкм	D_{50} %, мкм	D_{90} %, мкм
0	2,1	0,1	3,3	15,9
0,01	5,3	1,6	5,8	23,6
0,1	6,5	2,5	7,3	18,7
1	4,6	1,6	6,1	13,6

Из приведенных данных видно, что объемное распределение носит бимодальный характер, наибольшее количество частиц наблюдается в диапазоне от 1 до 50 мкм для всех образцов. Так же для образца без добавления ионов европия можно выделить второй диапазон от 0,01 до 0,5 мкм, а для образцов с содержанием ионов европия от 0,01 до 1 % – от 0,08 – 0,3 мкм. Количественное распределение является одномодальным. Для исходного порошка наблюдается диапазон размеров частиц от 0,01 до 0,1 мкм, для порошков с содержанием европия от 0,01 до 1 % европия – от 0,08 до 0,3 мкм, что согласуется с объемным распределением. Можно сделать вывод, что исходный порошок системы оксид иттрия – оксид алюминия состоит из частиц размером 0,1 мкм и их агломератов размером 2–6 мкм, а порошки с добавлением европия из более крупных частиц 0,2 мкм и их агломератов размером 5–10 мкм. Введение нитрата европия в состав порошка системы оксид иттрия – оксид алюминия приводит к увеличению среднего размера частиц от 2,1 мкм (0 % Eu) до 6,5 мкм (0, % Eu).

Таким образом показана возможность синтеза порошков системы оксид иттрия – оксид алюминия с добавлением ионов европия различной концентрации. Установлено что, введение ионов европия в состав порошков приводит к увеличению среднего размера частиц.

Работа выполнена при поддержке Госзадания «Наука» № 075-03-2023-105 на оборудовании ЦКП НОИЦ НМНТ ТПУ.

Список литературы

1. Tsai M.S., Fu W.C., Wu W.C., Chen C.H., Yang C.H. Effect of the aluminum source on the formation of yttrium aluminum garnet (YAG) powder via solid state reaction // Journal of Alloys and Compounds. – 2008. – Vol. 455. – P. 461–464.
2. Muresan L.E., Popovici E.-J., Bica E., Cadis A. I., Perhaita I., Barbu Tudoran L. Investigation of thermal decomposition of yttrium–aluminum based precursors for YAG phosphors // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2012. – Vol. 110, № 1. – P. 341–348.
3. Dosovitskii G.A., Bogatov K.B., Volkov P.A., Mikhlin A.L., Dosovitskii A.E. Effect of adding boron on morphological and functional properties of aluminum-yttrium garnet activated with europium // Refractories and Industrial Ceramics. – 2013. – Vol. 54, № 1. – P. 69–73.
4. Zhanturina N., Sergeyev D., Aimaganbetova Z., Zhubaev A., Bizhanova K. Features of the Spectroscopic Characteristics of Yttrium–Aluminum Garnets Doped with Europium at Different Concentration // Crystals. – 2023. – Vol. 13. – P. 702.