

УДК 538.9

**СИНТЕЗ, ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ И ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ YAG-
КЕРАМИКИ, АКТИВИРОВАННОЙ РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ РЗИ**

А.В. Ильчук, В.Д. Пайгин

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. Д.Т. Валиев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: avi29@tpu.ru

**SYNTHESIS, LUMINESCENT AND THERMAL CHARACTERISTICS OF YAG CERAMICS DOPED
WITH DIFFERENT TYPES OF RARE EARTH IONS**

A.V. Ilchuk, V.D. Paygin

Scientific Supervisor: Assoc.Prof., PhD D.T. Valiev

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: avi29@tpu.ru

***Abstract.** In the work studies the characteristics of inorganic phosphors doped with RE-ions and their influence on the change in the temperature quenching of the studied samples.*

Введение. В настоящее время, светодиоды обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными источниками света: высокая светоотдача, ударопрочность и длительный срок службы, широкий диапазон контролируемых цветовых и эксплуатационных температур, экологичность и низкое энергопотребление. Несмотря на все достоинства светодиодов, по-прежнему актуальными остаются проблемы высокой стоимости и отсутствие информации о надежности.

Светоизлучающий диод преобразует электрическую энергию на 20 – 40% в видимое излучение и на 80 – 60% в тепло. С ростом температуры, светоотдача в светодиодах уменьшается [1]. Помимо светоотдачи, с ростом температуры меняется спектральный состав излучения, а также ВАХ светодиода, определяющая основные параметры [2]. Ухудшение вышеперечисленных характеристик и потери излучения, имеют важное значение для светодиодов высокой мощности и лазерных диодов, которые в настоящее время становятся все более распространенными.

Алюмо-иттриевый гранат ($Y_3Al_5O_{12}$ или ИАГ) и его производные, образуют класс высокоэффективных люминесцентных материалов, химические и физические свойства которых зависят от их структуры. ИАГ часто используется в качестве основного материала для люминофоров, активированных такими редкоземельными ионами как Eu, Tb, Ce, Sm и Tm. Ионы-активаторы имеют собственные характеристики, влияющие на оптические свойства люминофоров и определяющие спектральный диапазон возбуждения и излучения, термическую стабильность, эффективность люминесценции [3]. Например, ионы Ce^{3+} являются самыми распространенными активаторами для белых светодиодов [3, 4]. Для изменения излучательных свойств люминофоров могут целенаправленно вводятся активаторы имеющие различные ионные радиусы. Среди редкоземельных ионов Tb^{3+} проявляет высокоинтенсивное «зеленое» свечение ($\lambda = 544$ нм), Dy^{3+} рассматривается в качестве материала для

использования в люминофорной термометрии и белых светодиодах [5], Eu^{3+} также исследуется в качестве материала для белых светодиодов [6].

В данной работе приводятся результаты исследований по влиянию различных типов ионов РЗИ (Dy, Tb, Eu) на люминесцентные и термические характеристики образцов YAG люминесцирующей керамики.

Экспериментальная часть. В качестве исходного порошка использовали однородную механическую смесь химически чистых реагентов Al_2O_3 (99,99%), Y_2O_3 (99,99%), CeO_2 (99,99%). В качестве порошков допантов были использованы оксиды CeO_2 (99,99 %), Eu_2O_3 (99,99 %), Tb_4O_7 (99,99 %), Dy_2O_3 (99,99 %) (ЧУИН, Китай). Образцы люминесцентной керамики переменного состава YAG:Ce были получены методом одноосного прессования с последующим спеканием. Формование порошковых компактов осуществляли методом холодного статического одноосного прессования в стальных пресс-формах при давлении 400 МПа на автоматическом прессе ИП-500 АВТО (ЗИПО, Россия). Спекание керамики проводили в высокотемпературной печи ЛНТ 02/18 (Nabertherm, Германия) в воздушной атмосфере при температурах 1650 °С с контролируемой скоростью нагрева и охлаждения 200 °С/мин. Время выдержки при заданной температуре спекания составило 8 часов. Была получена YAG:Ce керамика с высотой около 1,9 мм и диаметром 8,5 мм. После была проведена механическая полировка торцевых поверхностей образцов керамики на шлифовально-полировальной системе EcoMet 300 Pro (Buehler, Германия) с использованием алмазных суспензий Kemix (Kemika, Россия). Более подробно процедура, используемая для синтеза описана в [7].

Результаты. При помощи анализа дифрактограмм и SEM изображений YAG керамики переменного состава, была проведена характеристика микроструктуры и фазового состава образцов. Наибольший размер частиц демонстрирует образец YAG:Ce – 3.55 мкм, YAG:Ce, Tb – 1.5 мкм, YAG:Ce, Dy – 2.92 мкм, YAG:Ce, Eu – 1.73 мкм (см. рис. 1). Предположительно, размер и форма частиц влияют на процессы рассеивания и отражения возбуждающего излучения.

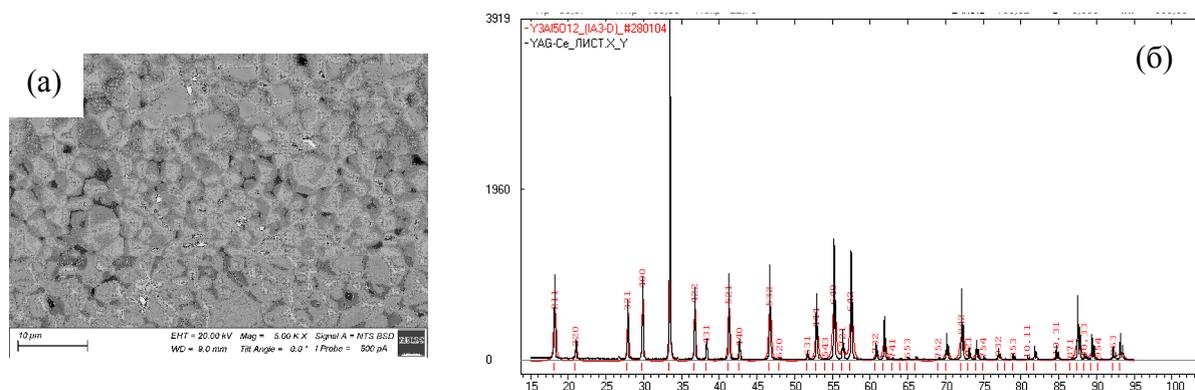


Рис. 1. а) SEM изображение образца YAG керамики, б) эталонная и экспериментальная дифрактограммы керамических образцов на основе YAG, активированного ионами Ce^{3+}

Спектры фотолюминесценции образцов YAG:Ce YAG керамики допированной различными РЗИ существенно не отличаются (см. рис. 2). Однако при со-допировании РЗИ меняется интенсивность спектра в диапазоне 450 – 700 нм.

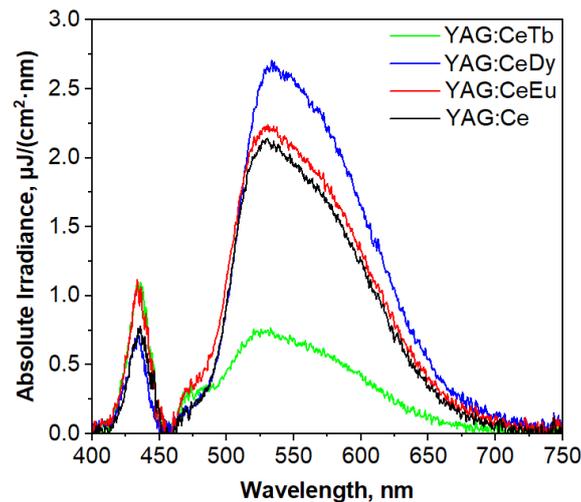


Рис. 2. Спектры фотолуминесценции образцов YAG керамики переменного состава

Заключение. Люминесцентная керамика переменного состава на основе алюмо-иттриевого граната была получена методом одноосного прессования с последующим спеканием. Проведена комплексная характеристика микроструктуры, фазового состава консолидированной керамики переменного состава. Построены диаграммы распределения частиц образцов, рассчитаны значения поперечного сечения обратного рассеяния, построены картины рассеяния с использованием теории Ми.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chang M.-H., Das D., Varde P.V., Pecht M. Light emitting diodes reliability review // *Microelectronics Reliability*. – 2012. – V. 52. – P. 762-782.
2. Peng L.H., Chuang C.W., Lou L.H., Piezoelectric effects in the optical properties of strained InGaN quantum wells // *Appl. Phys. Lett.* – 1999. – V. 74., Iss. 6. – P. 795.
3. George N. C., Denault K. A., Seshadri R. Phosphors for SolidState White Lighting // *Annu. Rev. Mater. Res.* – 2013. V. 43. – P. 481–501.
4. Kubus M., Meyer H.-J., Kienle L., Klonkowski A.M. Tb³⁺ luminescence enhancement of YAG: Tb³⁺ nanocrystals embedded in silica xerogel // *J. Non-Cryst. Solids*. – 2009. – V. 355. – P. 1333–1337.
5. Rabasovic M.S., Sevic D., Krizan J. et all. Structural properties and luminescence kinetics of white nanophosphor YAG: Dy // *Optical Materials*. – 2015. – V. 50. – P. 250-255.
6. Yang L.; Lv Z.; Chen M.; Liu S. Combination of translucent Eu: YAG glass ceramic with LED chip // *IEEE 62nd Electronic Components and Technology Conference (ECTC 2012): San Diego, California, USA, 29 May - 1 June, 2012*. – P. 2145–2149.
7. Valiev D., Han T., Vaganov V., Stepanov S., The effect of Ce³⁺ concentration and heat treatment on the luminescence efficiency of YAG phosphor // *J. Phys. Chem. Solid*. – 2018. – V. 116. – P. 1 – 6.