

**YAG:Ce,BaF<sub>2</sub> КЕРАМИКА КОНСОЛИДИРОВАННАЯ  
МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО СТАТИЧЕСКОГО ОДНООСНОГО ПРЕССОВАНИЯ**

*А.М. ШРАЙБЕР, П.Д. ЖВАКИНА*

Томский политехнический университет

Инженерная школа новых производственных технологий

E-mail:ams27@tpu.ru

Неорганические люминофоры, применяемые большинством производителей, являются модифицированными вариантами иттрий-алюминиевого граната, активированного трехвалентным церием (YAG: Ce<sup>3+</sup>) [1, 2]. Эффективность белого светодиода (СД), количественная и качественная, в значительной степени зависят от геометрии размещения слоя люминофора. В случае использования люминофоров на органической основе, проблем формования и повышенного нагрева не возникает, однако данные люминофоры не слишком долговечны и плохо переносят высокие плотности возбуждения, чтобы использоваться в мощных промышленных и бытовых осветительных установках. С другой стороны, в технологиях на основе неорганических люминофоров изготавливают композит (полимерный композит, состоящий из готового люминофора, органической основы и стабилизирующих добавок), который затем наносят на поверхность кристалла. Такой подход существенно усложняет и удорожает процесс получения излучающего прибора. Кроме того, наличие органических ингредиентов приводит к снижению светоотдачи, а высокие температуры, необходимые для полимеризации негативно сказываются на светотехнических характеристиках светодиода [3]. Стоит не забывать - неорганические люминофоры значительно нагреваются при работе (не менее 25 % от потока возбуждения преобразуется в тепло), что ведет к деградации полимера (вплоть до его разрушения) и, следовательно, в лучшем случае к спаду люминесценции, в худшем к выходу из строя.

Одним из последних направлений в области технологии преобразования излучения при изготовлении белых СД является использование люминесцирующей керамики. Используя в качестве преобразователя излучения люминесцентную керамику можно достаточно точно ранжировать светодиоды по цветовой температуре. Это возможно благодаря гораздо более точному дозированию количества люминофора. Другое преимущество керамических материалов заключается в том, что это позволит получать светодиоды с высокой однородностью цвета и повышенной временной стабильностью.

Очевидно, процессы в керамических материалах при радиационном воздействии отличаются от протекающих в хорошо изученных кристаллических материалах. В связи с этим растет интерес к исследованиям электронных процессов передачи энергии возбуждения (оптического и радиационного) активным центрам в таких материалах [4-7]. Целью данной работы является исследование спектрально-кинетических характеристик YAG:Ce,BaF<sub>2</sub> керамик изготовленных на основе синтезированных люминофоров.

Люминофор был синтезирован методом высокотемпературного твердофазного синтеза в восстановительной атмосфере. Данный метод требует повторных циклов нагревания при высокой температуре до 1600 °С для усиления взаимной диффузии и достижения однородного однофазного сплава. Все реагенты были химически чистыми Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (99,99%), Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (99,99%), CeO<sub>2</sub> (99,99%). Более подробно процедура, используемая для синтеза описана в [8]. Для изготовления образцов светопропускающей керамики был использован синтезированный люминофор.

Формование порошка осуществляли методом холодного статического одноосного прессования в стальных пресс-формах на автоматическом прессе ИП-500 АВТО (ЗИПО, Россия). В результате был получен керамический образец цилиндрической формы, высотой 1,1 мм, диаметром 11,5 мм, пропускающий свет. Механическая обработка поверхности образца проводилась при помощи шлифовально-полировальной системы EcoMet 300 Pro (Buehler, Германия) с применением алмазных суспензий MetaDi (Buehler, Германия).

Регистрация интегральных спектров свечения осуществлялась оптоволоконным спектрометром AvaSpec-3648 (спектральный диапазон 200-1100 нм). Для возбуждения люминесценции использовался СД ( $\lambda_{\text{возб}} = 447$  нм, FWHM - 20 нм, поток 16 мВт/см<sup>2</sup>). Время интегрирования составляло 1 секунду. Также были измерены кинетические характеристики затухания люминесценции люминофора и керамики при возбуждении излучением чипа с  $\lambda_{\text{возб}} = 452$  нм. Длительность импульса излучения чипа при импульсном питании составляла 30 нс. Регистрация люминесценции осуществлялась через монохроматор МДР-204 ФЭУ «Hamamatsu 10720-20» осциллографом Tetronix DPO-3033. Временное разрешение системы составляет 2 нс.

В спектре фотолюминесценции (рис. 1) при возбуждении СД ( $\lambda_{\text{ex}} = 447$  нм) образца керамики регистрируются выраженные пики на 440 и 540 нм. Наблюдается изменение интенсивности свечения от концентрации BaF<sub>2</sub>.

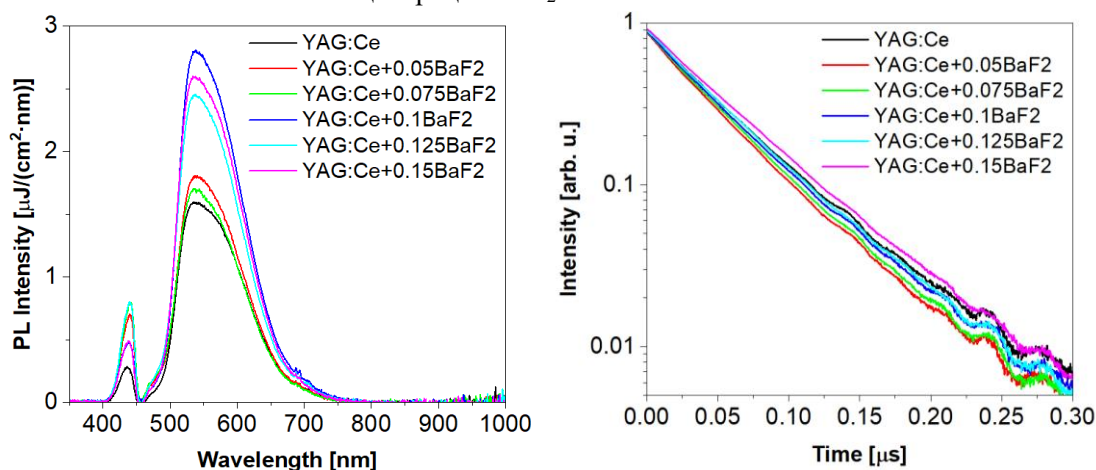


Рисунок 1 – Спектры фотолюминесценции и кинетика затухания люминесценции для синтезированной керамики с различным содержанием BaF<sub>2</sub>

Представленные кинетики затухания люминесценции удовлетворительно описываются одной экспоненциальной функцией. Обнаружена зависимость характеристического времени затухания от концентрации BaF<sub>2</sub>. Характеристическое время затухания составило  $48 \pm 2$  нс для концентрации 0,05 BaF<sub>2</sub> и  $60 \pm 2$  нс для 0,15 BaF<sub>2</sub>.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-43-703014 р\_мол\_а.

#### Список литературы

1. M. Nikl, A. Yoshikawa // *Adv. Optical Mater.* – 2015. – V. 3. – P. 463–481
2. Dipti Chitnis, N.Thejokalyani, H.C.Swart, S.J.Dhoble // *Renewable and Sustainable Energy Reviews* – 2016. – V. 64. – P. 727–748
3. X. Luo, R. Hu, S. Liu, K.Wang // *Progress in Energy and Combustion Science* – 2016. – V.56. – P.1–32
4. M. Mori, J. Xu, et al. // *Journal of the Ceramic Society of Japan* – 2016. – V. 124. – P. 569–573
5. J. Pisarska, A. Kos, M. Soltys, L. Zur, W. Pisarski // *Journal of Non-Crystalline Solids* – 2014. – V. 388. – P. 1–5
6. X. Sun, Zi-Piao Ye, Zhi-Jun Zhang et al. // *J. Am. Ceram. Soc.* – 2015. – V. 98. – P. 781–787
7. F.Zaman, G.Rooh, N.Srisittipokakun, H.J.Kim, E.Kaewnuam, P.Meejitpaisan J. Kaewkhao // *Radiation Physics and Chemistry* – 2016. – V.130. – P. 158–163
8. D. Valiev, T. Han, V. Vaganov, S. Stepanov // *J. Phys. Chem. Solid.* – 2018. – V. 116. – P.1 – 6.