

**YAG:CE КЕРАМИКА ИЗГОТОВЛЕННАЯ МЕТОДОМ СПАРК-ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ:
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ**Ч.Е. Джаныбеков

Научный руководитель: доцент, к.ф.-м.н. С.А. Степанов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: stepanov_s@sibmail.com

YAG: CE CERAMICS FABRICATED BY SPARK PLASMA SINTERING: PHOTOLUMINESCENCECh.E. Dzhanybekov

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. S.A. Stepanov

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

E-mail: stepanov_s@sibmail.com

***Abstract.** In this work, we investigated the luminescent properties of yttrium aluminium garnet ceramics doped with Ce (YAG:Ce). The polycrystalline YAG:Ce ceramics was consolidated by SPS technique. The integrated photoluminescence spectra and decay kinetics were investigated with the pulsed optical spectrometer based on a SRS NL100 Nitrogen Laser. Nature of luminescent centers and mechanisms of luminescence are discussed.*

Введение. Одним из последних направлений в области технологии преобразования излучения при изготовлении белых СИД является использование люминесцирующей керамики [1, 2]. 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 получении светодиодов с высокой однородностью цвета, термической стойкостью и повышенной временной стабильностью. Преимущества керамических оптических преобразователей, как твердотельных источников излучения, основаны на возможностях варьирования тепловых, оптических и механических свойств. Это важно для «жестких» условий эксплуатации: высокие потоки накачки, высокие температуры при продолжительном сроке службы. Например, теплопроводность плотной керамики составляет почти 100% от теоретической, что существенно выше, чем у преобразователей из порошковых люминофоров в таких матрицах, как эпоксидная смола и силикон [3]. Это позволяет быстрее, эффективнее преобразовывать падающий свет с минимальными потерями энергии в материале.

Для формирования керамики перспективным является метод спарк-плазменного спекания (или искровое плазменное спекание). Формирование совершенных межзёренных границ в процессе спарк-плазменного спекания при равномерном распределении плотности в объеме спекаемой керамики являются условиями получения качественных, конкурентоспособных изделий с комплексом высоких оптических и физико-механических свойств.

Целью данной работы является синтез и исследование фотолюминесцентных свойств полупрозрачной YAG:Ce керамики изготовленной методом спарк-плазменного спекания.

Экспериментальная часть. Люминесцентная керамика YAG:Ce была изготовлена из механической смеси порошков оксида алюминия, оксида иттрия и оксида церия. (Университет науки и искусств Чунцин, Китай). Изготовление керамики осуществлялось на установке SPS-515S (Syntex Inc., Япония). Также, в качестве допанта был использован фторид лития (2 вес.%). В результате спекания были получены керамические образцы цилиндрической формы, высотой 1 мм, диаметром 8 мм.

Для возбуждения фотолюминесценции использовался азотный лазер SRS NL100 (длительность импульса на полувывоте ~ 7 нс, энергия в импульсе 170 мкДж). Кинетика затухания свечения регистрировалась посредством приемного устройства Hamamatsu h10720-20 и цифрового осциллографа Tektronix DPO3034 (300 МГц) с использованием монохроматора MDR-204 (спектральный диапазон 200-2000 нм, линейная дисперсия 1,3 нм/мм). Регистрация интегральных спектров свечения фотолюминесценции осуществлялась оптоволоконным спектрометром AvaSpec-3648 (200 – 1100 нм, обратная линейная дисперсия 1,2 нм/мм). Спектр оптического поглощения для керамики был измерен при комнатной температуре на спектрофотометре Lomo-Photonics SF-256 UVI в спектральном диапазоне 290 - 800 нм.

Результаты. На рис 1 приведены спектры оптического поглощения для YAG:Ce керамики с фторидом лития и без него.

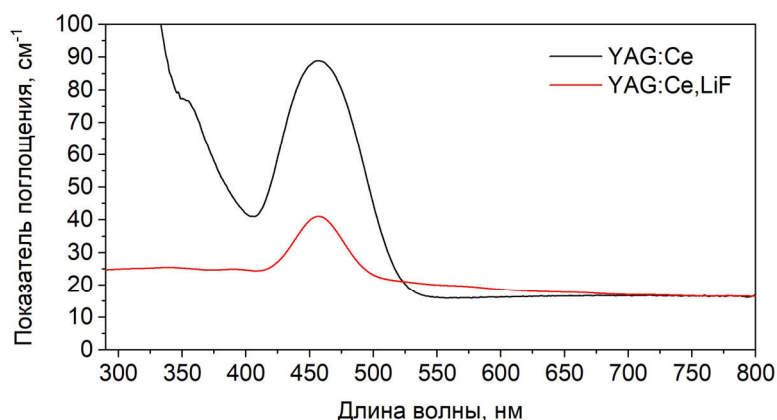


Рис. 1. Спектры оптического поглощения YAG:Ce керамики изготовленной методом спарк-плазменного спекания

Из результатов, представленных на рис.1, видно, что введение фторида лития приводит к уменьшению поглощения в области 290 - 500 нм. Поглощение в данной спектральной области обусловлено преимущественно широкой полосой поглощения иона Ce^{4+} с максимумом около 240 нм. Положение и ширина данной полосы поглощения объясняется переносом заряда от иона O^{2-} к иону Ce^{4+} . В работе [4] показано взаимное положение полос поглощения ионов Ce^{3+} и Ce^{4+} в кремниевой стеклянной матрице. Отмечается, что положение полосы поглощения иона Ce^{3+} может несколько меняться (330-370 нм). В связи с этим, возможным объяснением данному изменению поглощения с введением фторида лития в YAG:Ce керамику является уменьшение концентрации ионов Ce^{4+} . При этом, стоит отметить, что полоса поглощения иона Ce^{3+} сохраняется.

В спектре фотолюминесценции (рис. 2) при возбуждении азотным лазером ($\lambda = 337,1$ нм) образца синтезированной керамики регистрируется выраженный максимум на 535 нм. Можно отметить, что спектр является характерным для YAG:Ce систем [5].

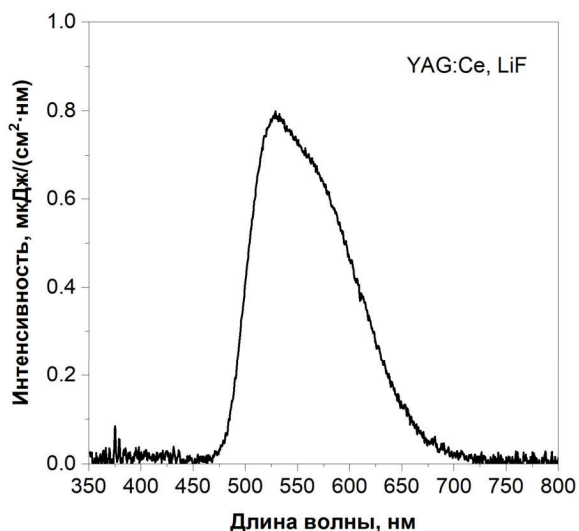


Рис. 2. Интегральные спектры фотолюминесценции (время интегрирования 1 секунда) образцов YAG: Ce керамики

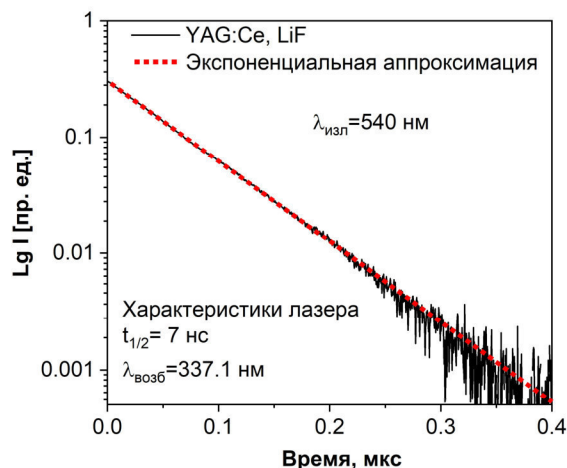


Рис. 3. Кинетические характеристики затухания люминесценции на $\lambda = 540$ нм

Исследования кинетики затухания фотолюминесценции показали, что затухание синтезированного образца может быть удовлетворительно описано одной экспонентой. Характеристическое время затухания составляет $\tau \sim 63$ нс (рис. 3). По спектру свечения существенных различий кинетики затухания не обнаружено.

Заключение. Из полученных результатов было выявлено, что при синтезе керамики на основе YAG: Ce, LiF спектр фотолюминесценции не меняется, подобен спектрам свечения без фторида лития. Анализ спектров поглощения показал значительное изменение поглощения в УФ области спектра («просветление керамики»), что возможно объясняется уменьшением концентрации иона Ce^{4+} .

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-43-703014 р_мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chen Yi-C., Nien Y.-T. Microstructure and photoluminescence properties of laser sintered YAG:Ce phosphor ceramics // Journal of the European Ceramic Society.– 2017. – V.37. – pp. 223–227.
2. Bodišová K., Klement R., Galusek D., Pouchl'y V., Drdlík D., Maca K. Luminescent rare-earth-doped transparent alumina ceramics // Journal of the European Ceramic Society.– 2016. – V.36. – pp. 2975–2980
3. Kottaisamy M., Thiyagarajan P., Mishra J., Ramachandra Rao M.S. Color tuning of Y3Al5O12:Ce phosphor and their blend for white LEDs // Materials Research Bulletin.– 2008. – V.43. – pp. 1657–1663.
4. Brandily-Anne M.-L., Lumeau J., Glebova L., Glebov L. Specific absorption spectra of cerium in multicomponent silicate glasses // J of Non-Cryst. Solids. – 2010. – V.356. – pp. 2337 – 2343.
5. Valiev D., Han T., Vaganov V., Stepanov S. The effect of Ce^{3+} concentration and heat treatment on the luminescence efficiency of YAG phosphor // Journal of Physics and Chemistry of Solids.– 2018. – V.116. – pp. 1–6.