

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ЛЮМИНОФОРОВ НА ОСНОВЕ ИАГ АКТЕВИРОВАННЫХ ИОНАМИ ТЬ, ТЬ/СЕ

В.А. ВАГАНОВ, Р.Г. КАЛИНИН, Д.Т. ВАЛИЕВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: vav13@tpu.ru

Изготовление белых СД – одно из перспективных направлений в современной светотехнике [1]. В настоящее время самым эффективным и экономичным способом является метод получения белого света с помощью кристалла синего СД на основе InGaN/GaN и желтого люминофора на основе ИАГ:Се. Однако основным недостатком белых светодиодов, полученных данным методом является отсутствие красной составляющей в спектре люминесценции [2]. Что как следствие приводит к снижению цветопередачи. При этом сторонним наблюдателем данное свечение воспринимается как холодное [3,4].

В настоящей работе приведены результаты исследований спектров оптического возбуждения, фотолюминесценции (ФЛ) и спектров импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) люминофоров на основе ИАГ, активированных различной концентрацией Ть, Се/Ть.

Материалы и методы исследования. Образцы были синтезированы методом высокотемпературной твердотельной реакции в атмосфере азота. Исходные компоненты Al_2O_3 (99,99 %), Y_2O_3 (99,99 %), CeO_2 (99,99 %), Tb_4O_7 (99,99 %), смешивались согласно расчетному соотношению $Y_{3-x}: Al_5: x + CeO_2$ (0.06 Wt.) ($x > Tb = 0; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08$ и $0,1$), с добавлением 5 % BaF_2 от расчетной массы. Смесь с добавлением спирта перемешивалась в течение 6 часов во вращательном устройстве. Затем образцы порошков подвергались двух стадийной сушке при $120\text{ }^\circ\text{C}$ и при $800\text{ }^\circ\text{C}$ в течение двух часов. Далее проводилась высокотемпературная обработка в печи при температуре $1600\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 12 часов, и затем при температуре $550\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 4 часов. После термообработки все образцы измельчались для придания гомогенности порошку.

Спектры оптического возбуждения и люминесценции люминофоров были измерены нами с использованием спектрофлуориметра «AGILENT CARY ECLIPSE». Интегральные спектры ИКЛ измерялись при возбуждении импульсом потока электронов со средней энергией 250 кэВ, длительностью импульса – 10 нс. Регистрация интегральных спектров свечения ИКЛ осуществлялась оптоволоконным спектрометром AvaSpec-2048 в спектральном диапазоне 200 – 1100 нм. Время интегрирования составляло 100 мс.

Результаты и обсуждения. Как при оптическом возбуждении, так и при возбуждении импульсным электронным пучком наблюдается интенсивное свечение люминофоров в видимой области спектра.

Полосы поглощения в области $\lambda_1 = 340$ нм и $\lambda_2 = 460$ нм (рисунок 1, а) обусловлены переходами ионов Се с 4f на 5d подуровни. Причем положение двух полос не зависит от состава кристалла носителя, меняется только относительная интенсивность полос. Согласно [5] при фото-возбуждении излучением с $\lambda_{\text{возб.}} = 440$ нм наблюдается широкая полоса (рисунок 1, а) обусловленная переходами ионов церия из 5d состояния в 4f.

При возбуждении импульсным электронным пучком имеет место быть суперпозиция свечения ионов Се и ионов Ть, что проявляется в виде наложения узких полос на широкополосное свечение ионов Се. Серия узких полос в синей области (рисунок 1, б) обусловлена излучательными переходами $^5D_3 \rightarrow ^7F_j$ ($j = 6,5,4$) ионов Ть. Полосы с максимумами в области 490, 544, 585, 620 нм соответствуют переходам $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$, $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$, $^5D_4 \rightarrow ^7F_4$, $^5D_4 \rightarrow ^7F_3$ в ионе Tb^{3+} [6].

Отсутствие полос свечения ионов Ть в красной области спектра при фото-возбуждении, возможно, обосновать с переносом энергии между ионами $Ce^{3+} \rightarrow Tb^{3+}$, который осуществляется при энергиях возбуждения более 3 эВ. Так же это подтверждается тем, что активация ионами тербия существенно увеличивает интенсивность свечения полосы на 550 нм и приводит к увеличению длительности свечения этой полосы.

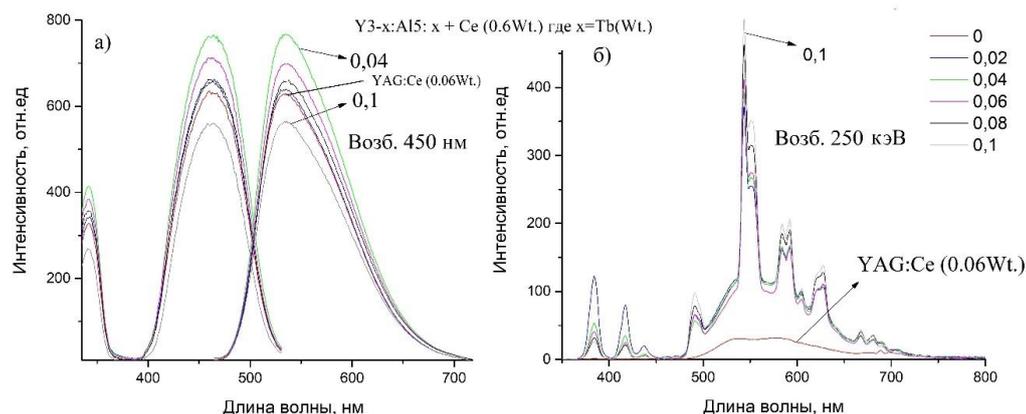


Рисунок 1 – Спектры оптического возбуждения и фотолюминесценции (а), спектры импульсной катодолюминесценции (б) YAG:Ce,Tb люминофоров

«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Субъекта РФ в рамках научного проекта № 18-43-703014.

Список литературы

1. D. Chitnis, N. Thejo kalyani, H. Swart, S. Dhoble, Escalating opportunities in the field of lighting // *Renew. Sustain. Energy rev.* – 2016. – V. 64. – P. 727–748.
2. Ching-Cherng Sun et al. Packaging efficiency in phosphor-converted white LEDs and its impact to the limit of luminous efficacy // *Journal of Solid State Lighting.* – 2014. – V. 1. – Issue19.
3. A.A. Setlur. Phosphors for LED-based solid-state lighting // *The Electrochemical Society Interface.* – 2009. – V. 16. – P. 32–36.
4. C.A. Geiger. Garnet: A key phase in nature, the laboratory, and technology // *Elements.* – 2013. – V. 9. – P. 447–452.
5. Arturas Katelnikovas et al. Photoluminescence in sol-gel-derived YAG:Ce phosphors // *Journal of Crystal Growth.* – 2007. – V. 304. – P. 361–368
6. P. Psuja, D. Hreniak, W. Strek. Low-voltage cathodoluminescence properties of $Y_3Al_5O_{12}:Tb^{3+}$ nanopowders // *Journal of Alloys and Compounds.* – 2008. – V. 451. – P. 571–574.