

## ЗАВИСИМОСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК ИАГ ЛЮМИНОФОРА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ НАГРЕВЕ

*ЦЗЮЙ ЯНЯН*

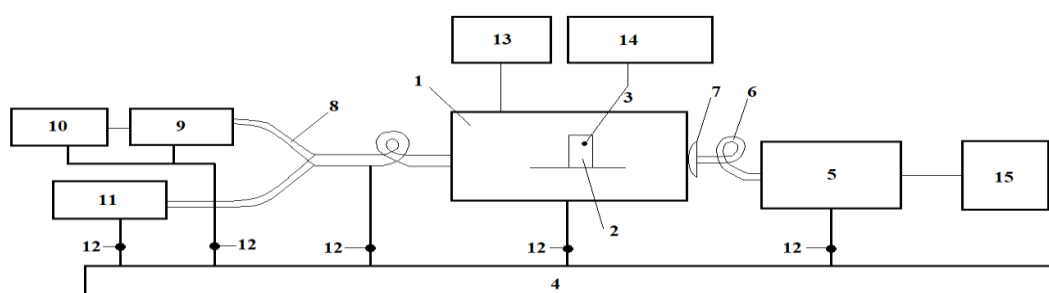
Томский политехнический университет  
E-mail: czyuy@tpu.ru

Белые светодиоды стали основными источниками света в общем освещении. Белый свет в них получается путем преобразования основной части синего излучения в люминесценцию длинноволновой области спектра. Одна из основных проблем белых светодиодов – снижение их потока света при нагревании. Источниками тепла в светодиоде являются собственно чип, и люминофор. В чипе основная часть подводимой электрической энергии преобразуется в синее излучение, часть выделяется в виде тепла. Нашими предыдущими исследованиями показано, что при преобразовании не менее 25%...30% излучения чипа расходуется на нагревание люминофора. [1,2] Поэтому важно знать величину нагрева люминофора за счет этих двух факторов.

Обычно для измерения температуры люминофора светодиода в рабочем режиме использовались тепловизоры или термопары. Использование тепловизоров затруднено тем, что для измерений требуется знание излучательной способности люминофора, композита на его основе. Измерения термопарой затрудняется тем, что требуется время для достижения теплового равновесия детектором и тестируемым образцом. Оба метода способны определять интегральную температуру люминофорного порошка или композита с порошком. А знать нужно величину нагрева отдельной частицы, микрокристалла люминофора. Для прямой оценки величины нагрева люминофора может быть использован эффект тушения люминесценции с ростом температуры люминофора.

В настоящей работе приведены результаты исследования температурной зависимости тушения люминесценции серии промышленных люминофоров на основе ИАГ:Се (иттрий – алюминиевый гранат, активированный церием).

Методика измерения представляется собой таким образом, Люминофор в кювете размещался в печи с регулируемой температурой нагрева в диапазоне температур от 30 до 200 °С. Температура контролировалась термопарой, размещенной в кювете. Возбуждение люминофора осуществлялось излучением чипа с  $\lambda = 455$  нм и излучением лазера с  $\lambda = 337$  нм, которые через оптическую систему и кварцевый световод направлялись на кювету с люминофором. Люминесценция измерялась через определенные промежутки времени через собирающую линзу, световод и спектрофотометр Avantes 3648. Информация обрабатывалась компьютером. Схема стенда для измерения кинетики затухания люминесценции приведена на рисунке 1.



- 1 – Печь, 2 – Кювета для люминофора, 3 – Термопара, 4 – Оптический рельс,  
5 – Спектрофотометр, 6 – Световод, 7 – Линза, 8 – Световод с делителем,  
9 – Телескопическая система, 10 – Чип, 11 – Лазер, 12 – Стойки крепления (рейтеры), 13 – Система питания, 14 – Мультиметр, 15 – Ноутбук

Рисунок 1– Схема стенда

Для данного исследования были выбраны ИАГ люминофоры серии СДЛ 2700, СДЛ 4000 и СДЛ3500 синтерированных в НПО" Социным Н.П. и др. В процессе синтеза добавляли определенное количество флюса, такого как ВаF2. Поверхностный состав и микроструктура образцов анализировали с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS) ESCALAB 250. Элементный состав представляется в таблице 1. Зависимость интенсивности люминесценции от температуры была измерена с помощью управляемого нагрева сопротивления и термопары с использованием источника возбуждения синего светодиода с  $\lambda_{em} = 455$  нм. Чтобы обеспечить точность тестируемой температуры, люминофоры были встроены как можно ближе к наконечнику зонда термопары. Температура нагрева устанавливается в диапазоне от комнатной температуры до более 200 °С.

Таблица 1- Элементный состав

Люминофоры	Y	Al	O	Ce	Gd
СДЛ 2700	9.55	5.06	53.22	11.21	20.98
СДЛ 3500	25.13	4.54	49.00	17.24	4.09
СДЛ 4000	16.6	25.83	57.57		

Видно, что состав люминофоров почти одинаковы, но отличаются люминофоры количественным соотношением. И следует отметить, что концентрация Gd в люминофоре сдл2700 значительно больше, чем в остальных люминофорах сдл3500 и сдл4000.

Результаты кинетика затухания люминесценции исследуемых люминофорах представлены на рисунке 2.

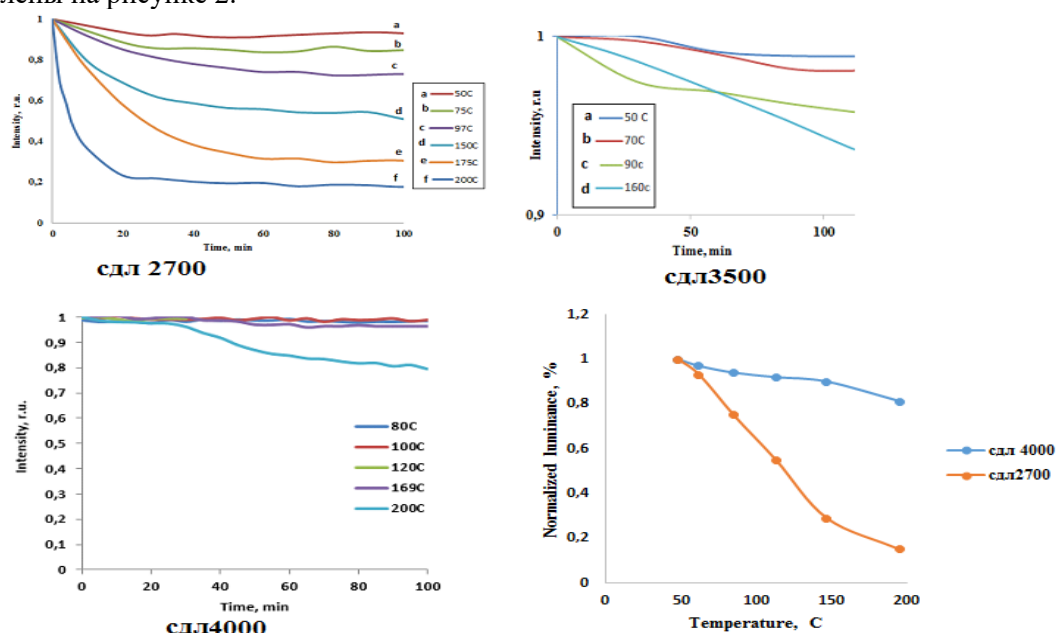


Рисунок 2 – Кинетика затухания люминесценции люминофора СДЛ2700, СДЛ3500, СДЛ4000 при указанных температурах

### Список литературы

1. V.M. Lisitsyn, V.S Lukash , S.A Stepanov, Ju Yangyang. White LEDs with Limit Luminous Efficacy. AIP Conf. Proc. -2016- 1698, 060008-1–060008- 5; 2016 AIP Publishing LLC 978-0- 7354-1345;
2. Yangyang Ju, V.M. Lisitsyn, V.S. Lukash. Losses of Energy in Phosphor of LED at Transformation of Emission Spectrum. 2017 Asia-Pacific Engineering and Technology Conference (APETC 2017) ISBN: 978-1-60595-443-1.