

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНОФОРОВ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛЕНТОЧНОГО ТИПА

В.С. Каменкова¹, Ю.В. Ряполова¹, Д.Г. Старосек¹, А.А. Вилисов²

Научный руководитель: доцент, к. т. н. В.С. Солдаткин

¹Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: kamenkova_victoria@mail.ru

В работе изложены результаты исследований люминофоров для приготовления люминофорной композиции светодиодного излучающего элемента белого цвета свечения, предназначенного для применения в светодиодной лампе общего назначения в качестве основного источника света. Проведены исследования восьми типов люминофоров на основе алюмо-иттриевого и итрий-гадолиниевого граната отечественного и зарубежного производства. В процессе исследований определены характерные размеры частиц, атомный элементный состав, изготовлены макетные образцы и определены колориметрические характеристики и световая отдача. По результатам исследований установлен люминофор, наиболее оптимальный по эффективности и цветовым характеристикам для применения в светодиодном излучающем элементе ленточного типа.

Ключевые слова: светодиодный излучающий элемент, люминофорная композиция, люминофор, цветовые координаты, световая отдача.

Введение

Новым направлением в полупроводниковой светотехнике являются светодиодные лампы, внешне не отличающиеся от ламп накаливания, но вместо нити накала используются светодиодные излучающие элементы ленточного типа (СИЭ) (filaments). В Российской Федерации на сегодня серийно их не производят. Основной производитель Китай. Но в рамках ФЦП ТУСУР совместно с ООО «Руслед» разработали эскизный проект и изготовили макеты СИЭ. Испытания макетов показали, что как и в светодиодах, одним из основных вопросов, является создание высокоэффективной люминофорной композиции.

Тенденцией улучшения эффективности СИЭ ленточного типа белого цвета свечения является поиск и применение в технологии изготовления СИЭ люминофоров для люминофорной композиции, обеспечивающих наибольшее значение световой отдачи и максимальную близость координат цветности к кривой Планка [1-4].

Целью данной работы является исследование характеристик образцов люминофоров. Из цели вытекают следующие задачи:

- определение элементного состава люминофора;
- определение характерного размера частиц люминофора;
- изготовление макетов СИЭ и проведение исследований колориметрических характеристик и световой отдачи СИЭ.

Методика исследования

Для исследования были восемь образцов порошкообразных люминофоров (образцы №1–4 – производство Тайвань, образец №5–7 – производство Россия).

Исследование химического состава и оценка размеров частиц образцов люминофоров проводились на электронном сканирующем микроскопе SEM ТМ-1000 с системой микроанализа Hitachi ТМ-1000. Для регистрации спектров излучения люминофоров был использован спектрофлуориметр СМ 2203. Колориметрический анализ люминофоров проводился на спектроколориметре ТКА-ВД.

Технология изготовления СИЭ и колориметрический анализ и исследования химического состава и структуры люминофоров

Макетные образцы СИЭ изготовлены с использованием излучающих чипов InGaN/GaN планарного типа на сапфировой подложке с длиной волны излучения $\lambda = 460$ нм. Контакты современных нитридных кристаллов формируются на основе ИТО композиций для увеличения выхода света из структуры [5].

Определение цветовых координат (колориметрический анализ) исследуемых образцов люминофоров производилось непосредственным освещением чувствительного элемента спектроколориметра излучением СИЭ. Напряжение питания на СИЭ $U = 70$ В, потребляемый СИЭ ток $I = 10$ мА [5].

Значения световой отдачи образцов люминофоров № 1–8, цветовая температура, элементный состав и размеры частиц образца люминофора приведены в таблице 1.

Композиция № 8 из красного и желтого люминофора имеет высокую световую отдачу, так как более крупнозернистые люминофоры имеют большую световую отдачу, в связи с этим, образец № 8 выбран для приготовления композиции, композиция получилась эффективнее всех вариантов на 20%, и именно она выбрана для изготовления экспериментальных образцов СИЭ на данном этапе.

Таблица 1. Световая отдача и цветовая температура СИЭ с люминофорами, элементный состав и размеры частиц люминофоров

Номер образца люминофора	Световая отдача η (лм/Вт)	Цветовая температура T_c , К	Элементный состав	Размеры частиц, мкм
№1	80±6	3800–4000	Y–10,4%; O–51,8%; Al–22,3%; C–11%; Ba–0,6%; F–4%.	от 9 до 20
№2	80±3	5200–5400	Pd–39,3%; Cr–49,1%; Cl–11,6%.	от 9 до 21
№3	83±4	4400–4600	C–62,4%; Al–15,1%; Y–4,3%; O–17%; I–1,1%.	от 9 до 13
№4	81±4	4200–4400	Y–10,8%; O–50,5%; Al–15,9%; C–22,8%.	от 4,5 до 14
№5	80±4	3800–4000	O–76,2%; Br–12,6%; Y–11,2%	от 0,5 до 26,7
№6	75±5	3700–4000	Y–18,3%; Br–14,6%; O–67,2%	от 5 до 23,5
№7 (красный)	35±5	–	C–74,3%; Sr–6,4%; Si–10,3%; Al–8,5%; Mg–0,5%	от 1,3 до 40,2
№8 (желтый + красный)	105±5	2500–3000		

Закключение

В рамках данной работы проведены экспериментальные исследования структуры, состава и колориметрических параметров образцов люминофоров № 1–8. Наиболее близка по цветовым координатам к теплomu цвету получилась композиция (образец № 8).

Список литературы

1. Социн Н.П. Новые люминофоры для эффективных приборов твердотельного освещения. Круглый стол производство светодиодов в россии – дорожная карта. Материалы доклада. Москва 2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nprpss.ru/sobytiya/vystavki-i-konferencii/kruglyj-stol-proizvodstvo-svetodiody-v-rossii-dorozhnaya-karta.html>, свободный (дата обращения: 15.06.2015)
2. Narukawa Y., Ichikawa M., Sanga D. et al. White light emitting diodes with super-high luminous efficacy // Journal of Physics: Applied Physics. – 2010. – No. 43.
3. Социн Н.П. Светодиод + порошковый люминофор = новое качество света // Светодиоды и лазеры. – 2002. – № 1–2. – С. 60–63.
4. Izotov S., Sitdikov A., Soldatkin V. et al. Study of phosphors for white LEDs // Procedia Technology. – 2014. – № 18. – P. 14–18.
5. Социн Н.П., Гальчина Н.А., Коган Л.М. и др. Светодиоды «теплого» белого свечения на основе p-n-гетероструктур типа InGaN/AlGaIn/GaN, покрытых люминофорами из иттрий-гадолиниевых гранатов // ФТП. – 2009. – Т. 43, вып. 5. – С. 700–704.