

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В СИСТЕМАХ ОСВЕЩЕНИЯ

А. О. Добродей

*Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель Е. Н. Подденежный

*Цель исследований:* разработка новых типов люминесцентных преобразователей света для систем освещения на основе мощных светодиодов синего и УФ излучения.

В последние годы ведутся интенсивные разработки новых типов осветительного оборудования с использованием твердотельных источников излучения – мощных светодиодов (СД) белого цвета свечения. Новые источники света обладают низким энергопотреблением, высоким КПД (до 90 %) и большим сроком службы – до 50 тыс. часов непрерывной работы. Это открывает перспективы новых путей энергосбережения, т. к. на нужды освещения расходуется 19 % [1] мирового потребления электроэнергии, в Беларуси – 14 % [2].

Западные специалисты подсчитали, что за счет перехода на светодиодные источники света ежегодно будет экономиться в США – 167 млрд кВт · ч электроэнергии, или 11,8 млрд дол. [3], в Европе – около  $63 \cdot 10^3$  ГВт энергии, или 7 млрд евро [1].

Белорусские специалисты подсчитали, что если на промышленных предприятиях и в жилых домах заменить все источники света на светодиодные, то экономический эффект может составить 250 млн дол. в год [2]. Единственная причина, сдерживающая широкое использование белых СД в системах освещения – их высокая стоимость.

Современные белые СД изготавливаются на основе синего кристалла InGaN и желтого люминофора, в качестве которого используют иттрий-алюминиевый гранат (ИАГ), легированный церием YAG: Ce<sup>3+</sup>. Для создания теплых белых СД применяют смеси с оранжевым или красным люминофором. Спектр люминесценции таких люминофоров характеризуется максимальной длиной волны в диапазоне 530–560 нм. Кристалл СД покрывается слоем геля с порошком люминофора. Толщина слоя такая, чтобы часть синего излучения возбуждала люминофор, а часть проходила без поглощения. В данное время этот способ наиболее оправдан с точки зрения эффективности и технологичности производства.

В настоящее время технологии получения белых СД не позволяют сделать их достаточно эффективными, долговечными и дешевыми. Люминофоры на органической основе до сих пор не слишком долговечны, чтобы использоваться в мощных светильниках, неорганические же получают в условиях высоких температур синтеза, что не позволяет наносить их непосредственно в виде пленок на подложки из стекла или полимера.

Современные исследования светоизлучающих диодов направлены на увеличение мощности и квантового выхода, на увеличение световой эффективности диода и люминофора, а также на снижение стоимости готового СД.

Повышение эффективности СД связано не только с улучшением извлечения света из *p-n*-перехода, но и повышением эффективности люминофора-преобразователя, а также вариантов размещения люминофора относительно кристалла светодиода.

Одним из последних направлений в области технологии преобразования цвета излучения является использование люминесцирующей керамики, позволяющей получать светодиоды с высокой однородностью цвета и повышенной временной стабильностью.

В НИЛ технической керамики и наноматериалов ГГТУ им. П. О. Сухого проводятся научно-исследовательские и технологические работы по созданию люминесцентных трансформирующих материалов с улучшенными спектральными и теплофизическими характеристиками на основе  $YAG: Ce^{3+}$ , а также прогрессивных методов их производства [4].

Разработана новая методика низкотемпературного термохимического синтеза наноструктурированных порошковых люминесцентных материалов в системе оксидов  $Y_2O_3-Al_2O_3$ , легированных ионами редкоземельных элементов, в том числе ионами церия (рис. 1).



Рис. 1. Образцы люминесцирующего порошка  $YAG: Ce^{3+}$  и керамики, полученной на его основе

Разработан способ формования плотной люминесцирующей керамики на основе ИАГ, легированного церием  $Y_3Al_5O_{12}: Ce^{3+}$  с использованием ультрадисперсных порошкообразных оксидов иттрия  $Y_2O_3$  и алюминия  $Al_2O_3$ , а также композиционных материалов (рис. 2) на основе кремнийорганических полимеров.

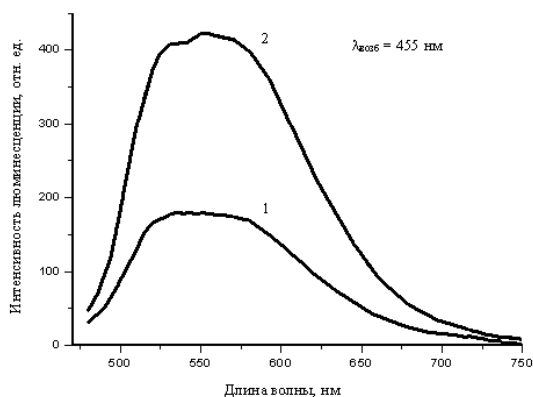


Рис. 2. Спектры люминесценции композиционных материалов в зависимости от состава: 1 – композит на основе микрочастиц  $YAG: Ce^{3+}$ ; 2 – композит на основе наноструктурированного порошка  $YAG: Ce^{3+}$

Изучены спектрально-люминесцентные характеристики образцов композиционных материалов, полученных на основе кремний органической смолы КО-08К, наполненной микропорошком и наноструктурированным порошком  $YAG: Ce^{3+}$ , полученным методом горения. Установлено, что наибольшая интенсивность излуче-

ния, генерируемого под воздействием синего светодиода ( $\lambda_{\max} = 455$  нм), характерна для образцов композита на основе наноструктурированных частиц YAG : Ce<sup>3+</sup>.

**Заключение.** Разработан и оптимизирован новый вариант получения порошковых материалов в системе оксидов Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с использованием метода термохимического синтеза (горение) химического состава Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub> : Ce<sup>3+</sup>, которые могут быть использованы в качестве исходного сырья для получения люминесцирующих полимерно-керамических композитов и оптической керамики.

Изучение спектрально-люминесцентных характеристик образцов порошкообразных и композиционных материалов для преобразователей излучения подтвердило перспективность их применения в осветительных устройствах, преобразующих излучение синих и УФ светодиодов в белый свет со спектром, близким к солнечному.

Подготовлены и поданы заявки на патенты: «Люминофор», «Способ получения наноструктурированного порошка ИАГ, легированного церием», «Лампа светодиодная».

#### Л и т е р а т у р а

247. Шурыгина, В. Твердотельные осветительные устройства. Прощайте, старые, добрые светильники / В. Шурыгина // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2008. – № 5. – С. 88–97.
248. Патыко, Д. До светодиодной революции осталось... / Д. Патыко // Рэспубліка. – 2007. – 5 дек. – № 228 (4407).
249. Какую экономическую выгоду принесет переход на светодиоды? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ledsvet.ru/index.php?p=articles>. – Дата доступа: 06.01.2009.
250. Добродей, А.О. Применение светодиодов для систем освещения (обзор) / А. О. Добродей [и др.] // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2008. – № 1. – С. 37–49.