

СТЕКЛОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ПОРОШКОВ ЛЮМИНОФОРОВ И ЛЕГКОПЛАВКОГО СТЕКЛА ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СВЕТОДИОДНЫХ ПРИБОРОВ

Урецкая О.В.¹, Дробышевская Н.Е.¹, Гришкова Е.И.¹, Подденежный Е.Н.¹,
Бобкова Н.М.², Трусова Е.Е.²

¹Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого,
246746, г. Гомель, пр-т Октября, 48, Беларусь; e-mail: podd-evgen@yandex.ru

²Белорусский государственный технологический университет, г. Минск,
Беларусь

Основным препятствием для повсеместного внедрения светодиодного освещения является высокая стоимость светодиодных ламп и светильников.

Одним из направлений, разрабатываемых с целью снижения стоимости осветительных приборов из светодиодов и одновременно повышения однородности излучения, является использование так называемых удаленных люминесцентных преобразователей, т.е. вынесенных на определенное расстояние от светодиодного кристалла (чипа). Традиционная структура светодиода белого цвета излучения, наиболее часто используемая для целей освещения состоит из комбинации одного или нескольких чипов, представляющих собой гетероэпитаксиальную структуру InN-GaN-AlN на сапфире, на поверхность которой нанесен слой желтого люминофора, преобразующий излучение синего цвета в желто-зеленое и в сумме с синим дающее квазибелое излучение. Такая конструкция мощных светодиодных излучателей обладает рядом недостатков: малой живучестью полимерного компаунда из-за его термической деградации, отравления наполнителя люминофора за счет взаимодействия поверхности люминесцентного порошка и активных органических групп полимерной основы. Кроме того, в данной конструкции от чипа к чипу трудно добиться воспроизводимости цветового оттенка, который может изменяться от холодного к нейтральному или теплему белому свету. Далее, технология нанесения полимерно-кристаллического компаунда является довольно сложной и плохо воспроизводимой. Новая идея, в настоящее время развиваемая рядом производителей светодиодных светильников и исследовательских центров по освещению, состоит в удалении люминофорного преобразователя от чипа-излучателя или матрицы чипов на некоторое расстояние, а сам преобразователь может быть изготовлен из люминофорной стеклокерамики [1], либо люминофорного покрытия на прозрачной полимерной или стеклянной подложке [2].

В последнее время появился ряд работ и патентов, посвященных созданию люминофорных покрытий для светодиодных преобразователей на основе неорганических матриц или в виде тонких пленок люминофора, нанесенных на поверхность прозрачных носителей [2]. Так, в заявке на изобретение [2] приводятся составы и методика нанесения такого покрытия на поверхность стеклянной подложки. Подложку изготавливают из стекла Schott 8532. Преимуществом метода является его простота, экономичность, пригодность к массовому производству, недостатками являются: неоднородность распределения микрочастиц люминофора по толщине покрытия (при расплавлении стекла микрочастицы оседают в нижней части покрытия) и неравномерность излучения люминофора по диаметру подложки в связи с неравномерностью распределения частиц люминофора и агломерацией ультрадисперсных частиц в расплаве стекла в процессе нагрева и охлаждения.

Наноструктурированные порошки иттрий-алюминиевого граната, легированного церием были получены методами коллоидной химии (гомогенное осаждение из азотнокислых солей в растворе мочевины, гетерогенное осаждение карбонатом аммония), а также методами «горения» нитратов иттрия, алюминия и церия в лимонной кислоте. После прокаливания осадков на воздухе при температурах 1100-1200 °С формируются наноструктурированные порошки YAG: Ce³⁺ различной морфологии. Размеры первичных частиц люминофора составляют 40-80 нм.

В качестве основы люминофорных покрытий были исследованы несколько типов легкоплавких оксидных стекол: PbO-Bi₂O₃-SiO₂, Bi₂O₃-B₂O₃, ZnO-CaO-B₂O₃.

Установлено, что использование Bi-B-стекла приводит к полному тушению люминесценции, а наилучшей совместимостью с порошком люминофора обладает цинк-бор-кальциевое стекло. Методика приготовления стеклокристаллического покрытия на подложках из предметных стекол состоит из приготовления шликера на основе YAG: Ce³⁺, порошка легкоплавкого стекла и органического растворителя. Далее шликер наносится на стеклянную подложку методом полива, после чего структура обрабатывается при температуре 700-750 °С в воздушной среде. В результате формируются люминофорные покрытия, пригодные для создания фотопреобразователей светодиодных осветительных приборов.

1. Fujita S., Sakamoto A., and Tanabe S. Luminescence characteristics of YAG glass-ceramic phosphor for white LED. – IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron, vol. 14, no. 5. Sep./Oct. 2008. – P. 1387–1391.
2. United States Patent № US 0206352 A1, МКИ H01L 33/00. Luminescence conversion led / D. Becker (De) and others // 20.08.2009.