

Янчхонг Яо (Jianzhong Jiao) | atjianzhongjiao@osram-os.com

Комитет по методикам испытаний IES рассматривает стандарт LM

для оптики с удаленным люминофором

Технология удаленного люминофора несет потенциальные преимущества в области полупроводниковой светотехники (SSL) — в частности, повышенную однородность цвета и стабильность светового потока. Кроме того, вскоре может увидеть свет стандартная методика испытаний IES, подобная той, которая определена для светодиодов в стандарте LM-80.

В полупроводниковой светотехнике (SSL) достигнут значительный прогресс в части стандартизации методик определения характеристик светодиодных источников света, светильников и ламп, а также прогнозирования стабильности светового потока. Светодиодные модули, в которых применяется технология удаленного люминофора, можно испытывать по стандарту LM-80, разработанному для светодиодов. Но в перспективе Общество инженеров-светотехников (IES) планирует разработать отдельный стандарт LM непосредственно для оптики с удаленным люминофором.

Термин «удаленный люминофор» обычно употребляют в случае, когда конструкция светодиода или светодиодного светотехнического изделия (например, лампы, источника света или светильника) содержит люминофор, не соприкасающийся непосредственно со светодиодным кристаллом. Люминофор, нанесенный на подложку определенной формы, превращается в компонент, физически отделенный от светодиодного кристалла или сборки, играющих роль источника излучения. Этот компонент, иногда заключаемый в дополнительный корпус с внутренним поверхностно-отражающим покрытием (так называемую смесительную камеру), используется в сочетании с голубыми и фиолетовыми светодиодами накачки для конструирования светодиодных светотехнических изделий. К потенциальным преимуществам

конфигураций с удаленным люминофором относятся: сниженное температурное воздействие на светодиодный кристалл, повышающее общую эффективность вывода света для системы из кристалла и люминофора; более равномерное распределение силы света; пространственная однородность цвета.

Устройство с удаленным люминофором (с дополнительной смесительной камерой или без таковой) полностью или частично преобразует излученный кристаллом свет в излучение другого спектрального состава. Спектр света, излучаемого системой из светодиода и люминофора, задает требуемые цвет или качество света.

Обычно светодиодный кристалл излучает в узком спектральном диапазоне, и после люминофорного преобразования спектр может содержать более широкие пики или множество пиков. Выбирая различные сочетания светодиодов и люминофоров, можно получать различные значения коррелированной цветовой температуры (КЦТ) и индекса цветопередачи (ИЦП). При использовании удаленного люминофора последний обычно внедряется в стеклянную, пластмассовую или кремнийорганическую подложку либо наносится на их поверхность в порошковой форме. Когда люминофор наносится на поверхность, может использоваться то или иное связующее вещество. Смесительной камерой называется дополнительный корпус с покрытыми отражаю-



Рис. 1. Светодиодные модули XSM 80 производства Xicato

щим материалом внутренними поверхностями, который обеспечивает более эффективный и равномерный вывод света.

Постепенное изменение характеристик светодиодов со временем наработки

Подобно светодиодам, под действием механизмов деградации устройства с удаленным люминофором претерпевают постепенное изменение спектрального состава излучения, цветопередачи и световой отдачи, что приводит к ухудшению их характеристик с течением времени. Поэтому белая светодиодная лампа или светильник на базе устройства с удаленным люминофором могут через какое-то время перестать соответствовать заявленным характеристикам. В результате снижения светового потока и изменения цветопередачи устройства с удаленным люминофором могут измениться значения КЦТ и ИЦП изделия. По данным недавних исследований, светодиодные лампы и светильники с удаленным люминофором, имеющие повышенную КЦТ и повышенный ИЦП, деградируют несколько быстрее.

Светодиодные модули XSM 80 производства Xicato вырабатывают белый свет с использованием технологии удаленного, или холодного, люминофора (рис. 1). На сегодня разработаны стандарты на методики испытаний для определе-

Д-р Янчхонг Яо, директор по нормам, стандартам и развивающимся технологиям компании Osram Opto Semiconductors, Inc., — международно признанный специалист по светотехнике. На протяжении длительного времени он активно участвует в разработке стандартов, относящихся к светодиодам и полупроводниковой светотехнике. Он занимает посты экс-председателя комитета SAE по светотехнике, экс-председателя комитета NGLIA и экс-председателя комитета технического комитета NEMA по полупроводниковой светотехнике, а также является действующим членом комитетов IESNA по методикам испытаний, дорожному освещению и компьютерам, рабочих групп ANSI по полупроводниковому освещению, технического совета по стандартам UL8750, комитетов IEEE, CIE USA, SEMI и JEDEC по стандартизации и других организаций.

ния характеристик долгосрочной стабильности светового потока и цветопередачи светодиодного источника света и светотехнического изделия — IES LM-80 и LM-84 (еще не опубликован). Кроме того, разработаны методы расчета для прогнозирования долгосрочной стабильности светового потока, которые зафиксированы в документах IES TM-21 и TM-28 (еще не опубликован). Испытание светодиодных ламп, источников света и светильников на стабильность светового потока и цветопередачи — дело дорогостоящее, и разнообразие конфигураций светодиодных светотехнических изделий часто ведет к необходимости повторных испытаний каждой модификации нового изделия. Большая длительность испытаний и высокая их стоимость — это помеха быстрому выводу продукции на рынок.

Основные элементы, вносящие вклад в снижение светового потока светодиодной светотехнической системы, — это светодиоды, вторичная оптика (с использованием пластмасс) и устройства с удаленным люминофором. Если есть возможность подвергнуть светодиодные источники света испытаниям по стандарту LM-80 и рассчитать стабильность их светового потока согласно документу TM-21, а также измерить временные характеристики деградации других элементов (например, устройств с удаленным люминофором), то на основе совокупности полученных результатов можно спрогнозировать долгосрочную стабильность светового потока. Это позволяет получить прогнозы для целого ряда светодиодов и модификаций светодиодных осветительных изделий с удаленным люминофором, обойдясь гораздо меньшим объемом испытаний отдельных светодиодов и устройств с удаленным люминофором (рис. 2). Таков основной побудительный мотив к разработке стандартов на испытания светодиодной светотехники с удаленным люминофором.

По данным недавно проведенных испытаний, модули Intematix с удаленным люминофором сохраняют световой поток на уровне 100% от исходного через 6000 часов (рис. 2).

Отдельный учет оптики

Устройство с удаленным люминофором, отделенное от светодиодного источника света, можно подвергнуть испытаниям для определения характеристик его деградации. Недавно в составе Комитета по методикам испытаний IES (TPC) была образована рабочая группа для разработки нового стандарта LM (аналогичного LM-80), в котором будет описываться метод измерения долговременной стабильности светового потока и цветопередачи устройств с удаленным люминофором при описанных условиях эксплуатации. Как и LM-80, новый стандарт LM не будет устанавливать классификацию изделий по характеристикам, а также в нем не будет указаний или рекомендаций относительно прогностической оценки или экстраполяции долговременной стабильности светового потока по данным фотометрических измерений.

Какими должны быть основные контрольные параметры для мониторинга деградации

устройств с удаленным люминофором? Можно провести сравнение с испытаниями светодиодов по стандарту LM-80, в котором определены два критических параметра: рабочий ток светодиода и температура корпуса. Физические соображения и данные испытаний показывают, что изменение светового потока и цветопередачи светодиодов с течением времени обусловлено в основном этими двумя параметрами. В общем случае чем больше рабочий ток, тем быстрее идет деградация. То же самое справедливо и для температуры корпуса, которая напрямую связана с температурой *p-n*-перехода.

Для устройств с удаленным люминофором исходя из физических соображений и данных испытаний установлено, что критическими параметрами деградации являются облученность и температура на поверхности. Если определить облученность (плотность потока излучения от светодиода на поверхности устройства с удаленным люминофором) и температуру на поверхности устройства (обычно это наивысшая температура в нагретой зоне), то можно измерять КПД преобразования испытываемого устройства через каждые 1000 часов, как при испытаниях по стандарту LM-80, и на основе этих данных делать выводы о характеристиках долгосрочной стабильности. Подробные методики испытаний разрабатываются соответствующей рабочей группой TPC.

Стандарты, которые преобразят рынок

Текущими спецификациями программ Energy Star и DesignLight Consortium (DLC) предписывается испытывать светодиодные осветительные изделия с удаленным люминофором для определения их долгосрочных характеристик на стадии конечного продукта. Если появится новый документ LM, устанавливающий методы испытаний устройств с удаленным люминофором, останутся вопросы о том, как группировать семейства этих изделий и какими должны быть допустимые пределы отклонений характеристик устройств

с удаленным люминофором, не требующие проведения повторных испытаний.

В сентябре 2011 года Агентство по защите окружающей среды США опубликовало инструкцию по применению данных испытаний светодиодных источников света по стандарту LM-80 для целей классификации светодиодных светотехнических изделий по стандарту Energy Star. В этой инструкции исходя из отраслевой практики подробно описывается порядок действий в случае, если ранее испытанный светодиодный источник света сменяется другим. Например, повторные испытания источника по стандарту LM-80 необходимы, если меняются материалы, из которых он изготовлен, его конфигурация или даже условия эксплуатации.

Чтобы помочь авторам программ, подобных Energy Star, в выработке более адекватных или эффективных спецификаций для случаев, когда используется удаленный люминофор, светотехническое подразделение Национальной ассоциации производителей электрооборудования США (NEMA) в настоящий момент разрабатывает рекомендательный документ, написанный с точки зрения производителя. Помимо технической информации просветительского характера о технологии удаленного люминофора, этот документ будет содержать перечень изменений в характеристиках светодиодных светотехнических изделий с удаленным люминофором, обуславливающих необходимость повторных испытаний.

NEMA дает рекомендации

Поскольку удаленный люминофор всегда используется в сочетании со светодиодными источниками света, изменения в характеристиках светодиодных светотехнических изделий можно разделить на те, которые относятся к светодиодам, и те, которые относятся к люминофорам. В упомянутом выше рекомендательном документе NEMA будут даны критерии необходимости повторных испытаний применительно к люминофорам, а точнее — устройству с удаленным люминофором и смесительной камере. Например,

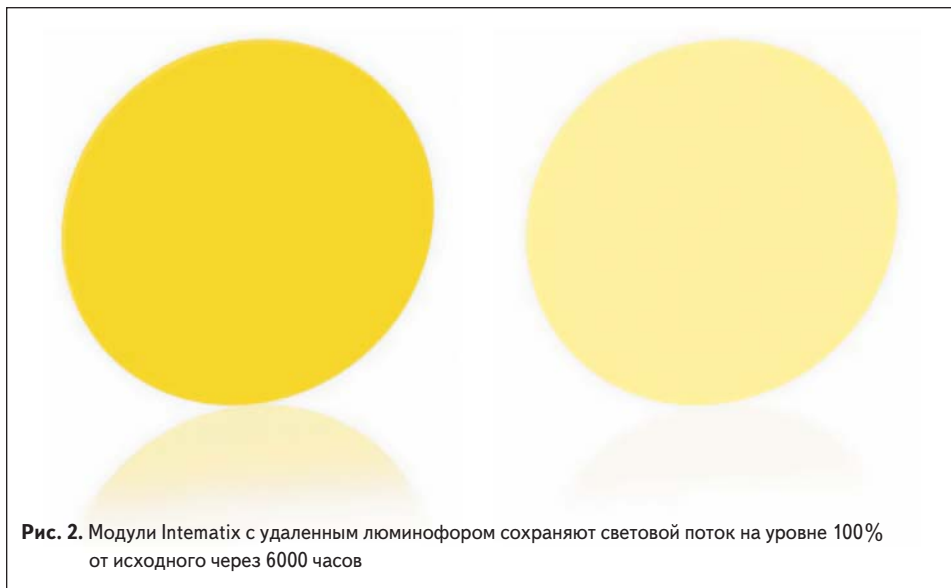


Рис. 2. Модули Intematix с удаленным люминофором сохраняют световой поток на уровне 100% от исходного через 6000 часов

необходимость в повторных испытаниях может возникнуть, если изменились какие-либо из следующих параметров: материал подложки, тип люминофора, метод связывания люминофора с подложкой, форма подложки, толщина подложки и т. д. Для смешительной камеры такими параметрами могут быть, в частности, отражающий материал и форма камеры. Разрабатываемые сейчас новые документы отражают отраслевую практику. Введение нового стандарта LM на методики испытаний устройств с удаленным люминофором даст возможность повысить согласованность результатов испытаний. В рекомендательном документе NEMA будут также сформулированы принципы, из которых следует исходить при разработке спецификаций для определения характеристик устройств

с удаленным люминофором, применяемых в светодиодной светотехнике, без испытания всего светильника.

Эту работу нельзя считать законченной, пока нет надежного или разумно обоснованного метода выполнения долгосрочных прогнозных расчетов на основании данных, полученных в ходе испытаний. В общем случае нет практических оснований предполагать, что все устройства с удаленным люминофором могут быть подвергнуты испытаниям на долговечность до окончания срока службы по параметру светового потока. Поэтому необходимо разработать инструменты для расчета, подобные TM-21 и TM-28. При разработке таких средств придется преодолевать дальнейшие трудности. Помимо математических моделей, построенных на основании

физических соображений и эмпирических данных, необходимо иметь достаточный объем данных для статистических вычислений с той доверительной вероятностью, которая требуется для прогнозов.

Поскольку изделия с удаленным люминофором — явление достаточно новое, отрасли понадобятся время и практический опыт работы, чтобы выйти на тот уровень, который был достигнут после выхода стандарта TM-21 для светодиодов. Не приходится сомневаться, что в конечном счете нам удастся найти такой метод прогнозирования, выгодный в долгосрочной перспективе как производителям, так и пользователям. ●

Оригинал статьи опубликован на <http://ledsmagazine.com>