

Неизведанные воды:

определение долговечности LED светильников

Франсуа Миран, технический директор Future Lighting Solutions по европейскому региону

Для компаний, продающих светотехнику, решающим фактором при формировании системы гарантийных обязательств, а также оценке стоимости возможных неисправностей в течение гарантийного срока, является понимание и определение поведения отдельно взятого светодиода, и оценка его влияния на систему из множества ему подобных.

Как заявляют производители, одним из конкурентных преимуществ светодиодов перед обычными источниками света, является их предполагаемая долговечность. В тех областях, где неисправности недопустимы или техническое обслуживание с ремонтом затруднены и затратны, это преимущество весьма привлекательно, несмотря на относительно высокие закупочные цены.

Производители светодиодов за верили изготовителей и дизайнеров светотехнической продукции, что ресурс светодиодов составляет, как правило, 50000 часов. Но, фактически, он возможен только при эксплуатации в определенных условиях. Кроме того, в редких случаях, светодиоды могут выйти и выходят из строя. Так что же, долговечность светодиодов всего лишь миф? Эта статья намерена помочь читателю понять наиболее важные факторы, влияющие на долговечность эксплуатации твердотельной осветительной системы (SSL). Помимо светодиодов, она включает в себя контрольные схемы, систему энергообеспечения, оптические и механические компоненты.

На заре светодиодов, наиболее часто встречаемая долговечность работы составляла 100000 часов. При этом никто так и не смог объяснить, откуда взялось это магическое число. Скорее всего, оно было продиктовано рынком, а не наукой. Первым производителем светодиодов, указавшим долговечность эксплуатации исходя из реальных технических параметров стала Филипс Люмиледс, со своим детищем- светодиодом Luxeon. Долговечность первых устройств

Luxeon, с заданным управляющим током 350 мА и температурой перехода 90 градусов цельсия, оценивалась в 50000 часов. Это значит, что после 50000 часов эксплуатации светодиода в заданных условиях его световой поток снизится до 70% от первоначальной.

В 2003 году Люмиледс выпустила первый документ (данные спецификации надежности RD 25) в котором всесторонне исследовала данный предмет, осветив ключевые факторы, такие, как управляющий ток и температура перехода, влияющие на долговечность светодиодов, и обозначила реальный срок эксплуатации своей продукции — 50000 часов. Остальные производители светодиодов тоже поспешили обозначить эту цифру, хотя многие при этом не указали условий эксплуатации. Позже, в 2007 году, чтобы помочь разработчикам светотехнической продукции прогнозировать работоспособность светодиодов в различных условиях компания Lumileds предложила новые графические данные, известные как график Vxx Luu. Суть концепции в том, что буквы xx обозначают количество светодиодов, которое выйдет из строя, причем как тех, чья производительность снизится ниже допустимого процента, так и тех, что полностью откажут. В качестве примера, значение «50,000 часов B50 L70» подразумевает, что по статистике, после 50000 часов работы производительность 50% светодиодов будет ниже 70% от первоначальной.

В настоящее время, компания Future Lighting Solutions представила онлайн-проект «LED Reliability Tool» (www.futurelightingsolutions.com/lrt), создающий графики для всех типов светодиодов Lumileds во всех эксплуатационных условиях.

На сегодняшний день, только компания «OSRAM Opto Semiconductors» опубликовала аналогичные данные для своего семейства Dragon.

Ресурс светодиода в настоящее время признан одним из важней-

ших его качеств. И в 2008 году Illuminating Engineering Society (IES) установило стандарт LM 80-08, называющийся «Утвержденный метод: измерение ресурса светодиодных источников света». Стандарт LM 80-08 — попытка создать унифицированные методы контроля ресурса светодиодных источников света, чтобы сравнить производительность изготовителей. Государственная программа «Energy star» правительства Соединенных штатов использует стандарт LM 80-08 в качестве эталона для сертификации своей продукции. Стандарт LM 80-08 не является руководством для экстраполяции ресурса светодиодов из-за продолжительности измерений. Метод экстраполяции TM 21 сейчас разрабатывается комитетом по промышленности. Кроме всего прочего, Energy star установила минимальный ресурс работы светодиода, равный 6000 часов. По состоянию на апрель 2010 года, Philips Lumileds первая и единственная компания, сделавшая достоянием общественности доклад по результатам теста стандарта LM 80-08. Остальные производители делали его совместно с Министерством энергетики, а результаты возможно просмотреть только по запросу.

Сегодня, концепция ресурса светодиодов придерживается точ-



Рис. 1. Этот прототип светодиодного светильника имеет много лишних оптических элементов. Ухудшение характеристик любого из них приведет к уменьшению световой отдачи всей системы

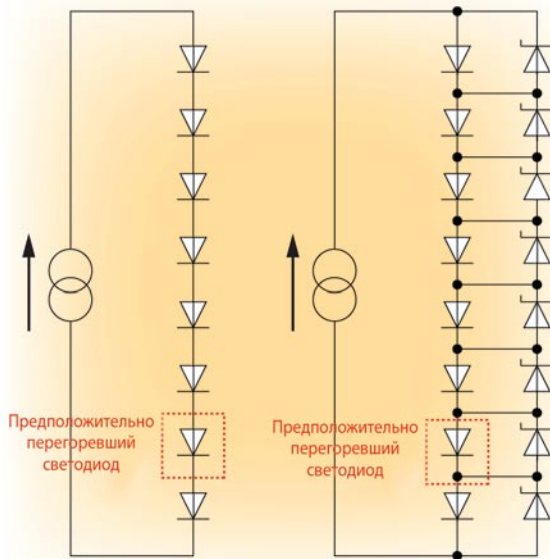


Рис. 2. Если в последовательно соединенном светодиодном массиве в одном элементе происходит короткое замыкание, управляющий ток остается стабильным. Если в одном из них цепь разъединяется, то выключаются все светодиоды. Для того, чтобы этого не произошло, параллельно с каждым светодиодом включается стабилитрон. Это усложняет конструкцию и делает ее дороже

ки зрения об идентичности таких понятий как надежность светодиода и его долговечность. В лучшем случае это дезориентирует производителя в худшем — наносит ему непоправимый вред. Во-первых, помимо выработки ресурса, светодиоды подстерегают множество различных поломок от полного выхода из строя и заканчивая цветовым отклонением, появляющимся с течением определенного времени. Во-вторых, кроме светодиода в SSL системе куча других составляющих, которые могут вызвать неисправность осветительного прибора. Несмотря на все отличия от других полупроводников, светодиод все равно выходит из строя. Пусть и не так часто. Разработчику системы SSL необходимо знать, как рассчитать процент выхода из строя светодиодов при определенных условиях эксплуатации, а также владеть методом определения потенциальных видов отказов системы (FMEA), чтобы оценить влияние такой поломки на производительность всей системы. Если в осветительном приборе используется один светодиод, то его поломка означает выход из строя всей системы. С другой стороны, если в системе используется много светодиодов, выход из строя одного из них особо ни на что не повлияет. Однако, разработчикам осветительных приборов необходимо

разработать методика, позволяющую как можно оперативнее маскировать или компенсировать вышедшие из строя компоненты. Это можно продемонстрировать на примере светильника в котором используются 40 светодиодов.

Прежде всего, разработчик должен создать такую оптическую систему, в которой поломка одного светодиода не будет влиять на светоотдачу, а изменения будут заметны лишь при 2,5% потере выходной мощности. Во-вторых, поломка одного светодиода не должна сопровождаться выходом из строя всей системы. Альтернативное решение показано на рис. 2.

Решающим фактором является причина поломки (например, разомкнутая или короткая цепь), которую можно будет предотвратить. В конце концов, знание ресурса светодиода вкупе с процентом выхода из строя позволит разработчику предсказать срок службы осветительного прибора с высокой долей вероятности. Как уже показано выше, информация о ресурсе светодиода необходима, но недостаточна для объективной оценки долговечности SSL системы. Десятилетиями предпринятия, занимающиеся обычными полупроводниками, публикуют результаты тестов надежности своих изделий, определяя процент возможных поломок. Но такого уров-

ня светодиодная промышленность еще пока не достигла.

Однако и Филипс Люмиледс имеет возможность предоставить полноценные и точные данные о долгосрочной эффективности своей продукции. В отличие от других, график надежности, разработанный Philips Lumileds подходит для описания всех видов поломок, однако еще не в силах помочь потребителю отличить процент поломок от процента выработки ресурса светодиода. В настоящее время, Philips Lumileds разработала новую модель для определения долгосрочного поведения светодиодов Luxeon (см. <http://www.ledsmagazine.com/news/7/5/4>). В ней прописаны отдельные формулировки для поломок и ресурса, и позволяет разработчикам осветительных приборов провести всесторонний анализ срока эксплуатации светодиода.

Другим типом потенциальной поломки светодиода является изменение цвета, хотя это актуально только для узкой области их применения. Для белых светодиодов абсолютное отклонение вследствие излучения в течение определенного времени можно отлично характеризовать управляющим током и температурой перехода. Однако, со временем, тест LM80-08 показывает относительное цветовое отклонение — насколько меняется цвет каждого светодиода от первоначального через определенный срок эксплуатации. Рабочая температура и управляющий ток ускоряют износ светодиода. Таким образом, одной из главных проблем для определенной части производителей осветительных приборов стал выбор такого объема управляющего тока и такой системы охлаждения, которые бы оптимально соответствовали, по крайней мере, трем параметрам: цене, размеру и производительности. Не нужно забывать и о внешних факторах — перегреве, электрическом или механическом перенапряжении, химическом воздействии, которые так же могут вызвать преждевременный выход светодиодов из строя.

Разработчик осветительных приборов в силах избежать, уменьшить и смягчить подобного рода эффекты. Перегрев случается, когда корпус светодиода или температура перехода не соответствуют эксплуатационным требованиям

разработчика. Причиной этому могут стать как непродуманный дизайн и некачественная сборка изделия, так и несоответствующие условия эксплуатации. Электрическое перенапряжение вызывается превышением силы управляющего тока и/или напряжения над максимально допустимыми для этого светодиода значениями. В этом случае, наиболее распространенными ошибками являются недостаточная изоляция проводки, нетипичная схема драйвера или неправильный монтаж всего прибора. Механические повреждения вызывают все большую тревогу из-за того, что в корпусе светодиода присутствуют бессвинцовые керамические элементы. Эта проблема хорошо известна производителям электроники и актуальна для всех больших бессвинцовых корпусов. Разница температурно-расширения между печатной платой и компонентами корпуса в результате повторяющихся температурных циклов может привести к трещинам в местах спайки. Это, например, общая проблема всех уличных источников освещения. Вдобавок, трещины могут появиться вследствие деформации и изгибов в процессе сборки РСВ. Несоблюдение технологии процесса изготовления также может вызвать механические повреждения. Оба процесса — что сборка печатной платы, что монтаж самого осветительного прибора требуют тщательной разработки и воплощения.

Химическая совместимость всех элементов светодиода пока остается неизученной. Большинство светодиодов имеют кремниевые газопроницаемые вкрапления. Летучие органические соединения, содержащиеся в склеивающих веществах, припой, конформные покрытия, частички красок могут проникать в кремниевую структуру, окисляться там, уменьшая прозрачность оптики. Окислительные реакции могут запускаться благодаря теплу или свету. Однако при своевременном вмешательстве все изменения обратимы. Единственное, что позволит это предотвратить — тщательно подобранный материал и квалифицированная сборка. Создание надежного SSL прибора — это не только тщательный отбор светодиодов и подходящий дизайн. Равнозначного внимания требуют и все осталь-

ные компоненты системы. Иллюстрация вопросов, повышающих надежность системы, которые необходимо учесть при ее проектировании, приведена на рис. 3.

Длительное функционирование вспомогательной оптики существенно влияет на срок службы осветительного прибора. Сегодня во вторичной оптике светодиодных светильников, как правило, используются пластиковые линзы. Обычно, они изготавливаются из полиметилметакрилата или поликарбонатного термопластика. Достоинства обоих в отношении прозрачности, теплоустойчивости, прочности и цены сейчас широко обсуждаются. Однако со временем, светоотражательную способность тяжело описать в деталях. В лучшем случае, производители оптики скажут, что она пожелтела вследствие воздействия ультрафиолетовых лучей, однако за десять лет они так и не продемонстрировали ни одной неисправной детали, эксплуатировавшейся в жесточайших условиях, в уличных рекламных стендах при прямом попадании солнечных лучей. Но также верно и то, что уличные осветительные приборы оборудуют защитными окнами из стекла или пластика, которые будут служить барьером ультрафиолету. Тем не менее, при оценке долговечности SSL системы вспомогательную оптику не стоит упускать из виду, так как она оказывает влияние на цвет светодиода. И у производителей пока нет другого выхода, как искать альтернативные материалы и продолжать исследования и тесты. Еще одной составной частью SSL системы является драйвер. Он идентичен драйверам, используемых в бытовых приборах — телесетях, системах тепло-снабжения, микроволновках, газогеновых приборах освещения, и даже в газоразрядных лампах. Это хорошо известная технология, в которой одними из наиболее слабейших компонентов являются электролитические конденсаторы. Лучшие драйверы от надежных поставщиков могут обеспечить сотни тысяч часов надежной эксплуатации. Рынок предлагает потребителю широкий выбор светодиодных драйверов, по различным ценам. Разница между лучшим и худшим весьма заметна, что естественно отражается на долговечности предлагаемого товара. К несчастью, даже самые проверенные произво-



Рис. 3. Простой светодиодный модуль от Future Lighting Solutions, с некоторыми ключевыми аспектами дизайна, влияющими на повышение его надежности, а именно: Электрическая схема

– Светодиоды с преобладающим режимом

отказа «короткое замыкание»

– Светодиоды, соединенные последовательно для отказоустойчивой работы

Вторичная оптика

– Проверенный на практике материал линз

– Аттестованная технология нанесения клея во избежание химического взаимодействия

Печатные платы

– Специальный отбор для ограничения температурной нагрузки на места пайки

– Оптимизированная жесткость для безопасной обработки и сборки

Термоуправление

– Термоэффективные технологии изготовления печатных плат и монтаж

– Несколько точек монтажа для укрепления контактов теплоотвода

дители светодиодов не удосуживаются разместить в руководстве по эксплуатации информацию о надежности товара и его наработки на отказ. Это создает для изготовителей светильников определенные трудности. Кроме того, диапазон выходного напряжения многих модулей драйвера недостаточен для поддержки устойчивых к сбоям светодиодных массивов.

Таким образом, долговечность светодиодных осветительных приборов зависит от большого количества факторов: ресурса и возможности полного выхода из строя, изменения производительности вспомогательной оптики с течением времени и условий эксплуатации, надежности управляющей программы. Фактически, надежность всей SSL системы равна надежности наиболее слабого ее элемента, и поэтому производителям следует шире рассматривать данную проблему, и как можно строже подходить к выбору комплектующих и дизайну.

Материал перевёл и подготовил Тимур Набиев.