

Алексей Васильев (г. Москва)

СВЕТОДИОДЫ-ДОЛГОЖИТЕЛИ: ПРАВДА ИЛИ МИСТИФИКАЦИЯ?



Важнейшим аргументом среди приводимых сторонниками использования светодиодных светильников является большой срок службы этих устройств. Указываются весьма внушительные цифры, но не сообщается, каким способом они получены. Результат — недоверие потребителя к светодиодам. Ведь для оценки экономического эффекта от внедрения светодиодов, надо понимать, сколько реально прослужат светильники на их основе. Разобраться в этом вопросе поможет статья, подготовленная выпускающим редактором журнала «Магазин свет» (www.magazine-svet.ru) Алексеем Васильевым и публикуемая нами с разрешения редакции этого журнала.

В Интернете по разным сайтам гуляет «конспирологическая» версия, что срок службы обычной лампы накаливания якобы специально ограничен значением 1000 часов из-за состоявшегося в 20-х годах прошлого века картельного сговора крупнейших производителей ламп. Конечно, любой специалист понимает, что «лампочка Ильича» имеет такой срок службы из-за принципа действия, и никто время ее работы специально не ограничивает. И все-таки своих сторонников такая «теория заговора» имеет. Они, наверное, придут в ужас, узнав, сколь долгую жизнь обещают своим детищам производители светодиодных светильников. Небольшие малоизвестные фирмы без лишних реверансов указывают время службы светильника 100000 часов. Другие ограничиваются более скромными цифрами — всего 35000 часов. Можно ли верить этим данным?

Обычно под сроком службы понимают время, которое устройство работает до момента выхода из строя, причем это не обязательно полная неработоспособность, а падение характеристик ниже определенного уровня. При оценке срока службы светодиодов момент выхода их из строя определяется как снижение светового потока ниже определенного процента от номинального значения. И здесь уже начинаются разночтения между разными компаниями. Одни производители считают таким порогом снижение светового потока на 30% от номинального значения, другие — на 50%. Указанные данные, как правило, не сообщаются в рекламных материалах, да и в документации к светильникам зача-

стую тоже, что не позволяет покупателю сделать правильный выбор.

Мастера экстраполяции

Даже если ситуация с порогом снижения светового потока ясна, это еще не значит, что вы получили достоверную информацию о продолжительности работы светодиодов. Наиболее распространенное значение срока службы, которое указывается в рекламных материалах — 50000 часов, т.е. 5 лет и 8 месяцев. Естественно, никто столь долго новый тип светодиода испытывать не

будет. События на светодиодном рынке развиваются так быстро, что за указанное время светодиод уже снимут с производства и вместо него запустят новый тип. Поэтому проводят испытания светодиода, наблюдают за процессами его старения в экстремальных условиях (сила тока и температура кристалла находятся на пределе допустимых значений) в течение относительно короткого промежутка времени, а потом экстраполируют зависимость на больший временной интервал уже для нормальных условий эксплуатации.

Наиболее часто для определения рабочего ресурса светодиодов используют модель Аррхениуса. В общем виде она описывает не только полупроводниковую светотехнику, но и многие процессы в химии и биологии. Модель показывает, насколько ускоряются химические реакции, в том числе процессы деградации в кристалле, при повышении температуры.

$$\lambda_2 = \lambda_1 \exp[Ea(1/T_1 - 1/T_2)/k],$$

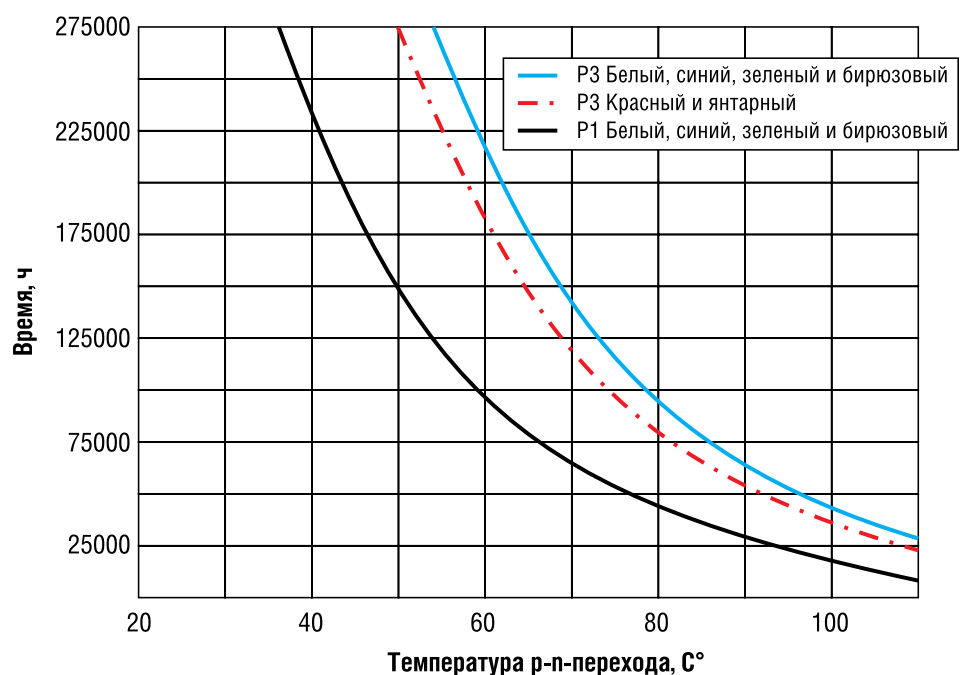


Рис. 1. Зависимость срока службы от температуры для различных типов светодиодов

Таблица 1. Некоторые виды тестов надежности, используемых компанией Cree

Вид теста	Стандарт	Параметры окружающей среды	Подача тока
Работа при комнатной температуре	JESD22, метод A108-C	Температура 45°C,	Постоянно
Работа при повышенной температуре	JESD22, метод A108-C	Температура 85°C,	Постоянно
Работа в условиях повышенной температуры и повышенной влажности	Собственная методика	Температура 60°C, относительная влажность 90%,	Чередование: 1 час подается, 1 час не подается
Работа при пониженной температуре	JESD22, метод A108-C	Температура -40°C,	Постоянно

где λ_1 — интенсивность отказов при температуре T1; λ_2 — интенсивность отказов при температуре T2; T1 и T2 — температуры p-n-перехода, выраженные в градусах Кельвина, E_a — энергия активации, выраженная в эВ (в полупроводниках равна ширине запрещенной зоны), k — постоянная Больцмана, равная $8,617 \times 10^{-5}$ эВ/К.

Зная ширину запрещенной зоны полупроводника, из которого изготовлен кристалл, а также интенсивность отказов при повышенной температуре, можно определить интенсивность отказов при нормальной температуре, используя модель Аррениуса. Средняя наработка на отказ является величиной, обратной интенсивности отказов. На рис. 1 показан график зависимости срока службы от температуры для различных типов светодиодов производства компании **Seoul Semiconductor**, полученный путем экстраполяции результатов испытаний при повышенной температуре.

Единого международного стандарта, который бы описывал тестирование светодиодов в экстремальных условиях с последующей экстраполяцией результатов, не существует. Тем не менее, в США есть организация JEDEC (*Joint Electron Device Engineering Council* — объединенный инженерный совет по электронным устройствам), разрабатывающая стандарты JESD. Некоторые производители светодиодов, например **Cree**, пользуются стандартом JESD22 для тестирования светодиодов (см. таблицу 1). Светодиоды испытываются при максимально допустимом токе, продолжительность указанных тестов составляет 1008 часов (42 суток). Критериями выхода светодиода из строя во всех приведенных в таблице испытаниях являются: изменение напряжения смещения более чем на 200 мВ, снижение светового потока более чем на 15%,

короткое замыкание, разрыв цепи. Если наблюдается хотя бы одно из указанных явлений, светодиод считается вышедшим из строя.

Современные методики позволяют с высокой точностью предсказывать срок службы устройства, но никто не может дать полной гарантии, что теория и практика сойдутся.

На срок службы светодиода влияют следующие факторы:

- Деградация кристалла;
- Старение люминофора;
- Механические деформации, внутренние напряжения в корпусе и т.п.;
- Помутнение первичной оптики.

Деградация кристалла

Напомним, что светодиод белого свечения, как правило, представляет собой кристалл, излучающий синий цвет, который покрыт люминофора. Благодаря суммированию собственного излучения кристалла с индуцированным им излучением люминофора получается свет, воспринимаемый зрением, как белый. Применительно к светодиодом надо различать температуру, измеренную в разных точках: T_B — монтажная плата, T_S — подложка, T_J — p-n-переход, T_A — окружающая среда (рис. 2).

Деградация кристалла приводит к снижению мощности излучения. Одна из причин — рост количества дефектов кристаллической решетки. Области кристалла, где появились дефекты, не излучают свет, но при этом генерируют тепло.

Другая причина — электрическая миграция материала, из которого сделаны электроды, приваренные к кристаллу. В кристалл проникают атомы металлов, из которых сделаны электроды, и нарушают кристаллическую структуру.

При деградации кристалла возрастает ток утечки, то есть значительная

часть тока начинает проходить не через те участки кристалла, которые излучают свет. В результате уменьшается напряжение на электродах светодиода, а значит, уменьшается мощность. Деградация кристалла проявляет себя также снижением напряжения на светодиоде. Эта особенность используется для автоматического отключения вышедшего из строя светодиода.

Следует различать максимальную рабочую температуру светодиода и максимально допустимую температуру p-n-перехода (если очень упростить ситуацию, то речь идет о температуре внутри кристалла). Срок службы светодиода определяется температурой p-n-перехода. Но поскольку эту температуру можно измерить только в лабораторных условиях с применением сложных и дорогостоящих методов, при проектировании используются математические методы, позволяющие связать ее с температурой в тех или иных точках корпуса светодиода.

Скорость деградации светодиода значительно увеличивается при повышении силы тока выше номинального значения, а также при повышении температуры. По мнению некоторых специалистов к возникновению дефектов в кристаллической решетке может привести действие статического электричества, поэтому рекомендуется осу-

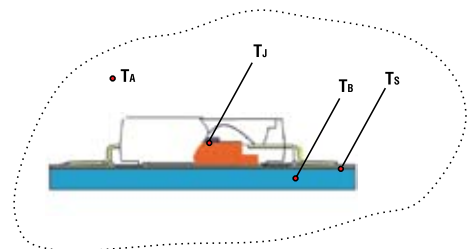


Рис. 2. Температура светодиода, измеренная в разных точках



Рис. 3. Mini 300 LED компании Royal Philips Electronics



Рис. 4. Светильник CitySoul компании Royal Philips Electronics

ществлять монтаж светодиодов с соблюдением стандартных мер по защите от статического электричества.

Деградация люминофора

В светодиоде деградация люминофора определяется в основном температурой. Ведь люминофор обычно наносят непосредственно на кристалл, который довольно сильно нагревается. Остальные факторы воздействия на люминофор не так значимы. Для эффективно-го теплоотвода необходимо обеспечить доступ воздуха к радиатору, например, как у **Mini 300 LED** компании **Royal Philips Electronics** (рис. 3.).

Деградация люминофора приводит не только к уменьшению яркости светодиода, но и к изменению оттенка его свечения. При сильной деградации люминофора хорошо заметен синий оттенок свечения. Это связано как с изменением свойств люминофора, так и с тем, что в спектре начинает доминировать собственное излучение кристалла.

Механические повреждения

Некачественные паяные соединения могут со временем разрушаться, что приведет к разрыву цепи. Если разрушилось паяное соединение кристалла с теплоотводящей подложкой или даже уменьшилась площадь контакта, то это приводит к ускорению деградации кристалла.

Причиной разрушения соединения, а также разрыва тонких проводников, ведущих к кристаллу, могут быть внутренние механические напряжения в пластмассе. Они возникают как в результате нарушения технологии производства, так и в процессе эксплуатации светодиода при температуре, превышающей максимально допустимое значение. В светильниках **Philips CitySoul** (рис. 4) используется активная система охлаждения на основе вентилятора.

Для повышения надежности светодиодов в последнее время кристаллы стали заливать эластичным прозрачным силиконом. Механические напряжения в этом материале равномерно распределяются, что практически исключает возможность разрушения соединения проводников и кристалла.

Помутнение первичной оптики

Первичная оптика светодиодов (т.е. оптическая система, непосредственно встроенная в конструкцию) изготавливается из пластмассы или силикона. Помутнение этих материалов может быть связано с действием ультрафиолета. В светодиодах белого свечения, построенных на базе ультрафиолетовых светодиодов, покрытых трехцветным люминофором, такая проблема действительно есть. Но пока подобные светодиоды не получили широкого распространения.



Рис. 5. Светодиоды без первичной оптики

В белых светодиодах на базе кристаллов синего свечения помутнение первичной оптики может опять-таки быть вызвано сильным перегревом. Следует отметить, что многие современные типы светодиодов вообще не имеют первичной оптики (рис. 5).

Срок службы всего светильника

В рекламных материалах производители светильников зачастую указывают именно срок службы светодиодов в нормальных условиях. Но в светильнике из-за перегрева светодиоды могут работать меньше заявленного производителем срока. К тому же, кроме светодиодов, срок службы светильника определяется долговечностью драйвера (блока питания) и вторичной оптики. Для эффективного теплоотвода в светодиодных светильниках используется ребристый алюминиевый профиль (рис. 6).

Линзы вторичной оптики в светодиодных светильниках обычно изготавливаются из пластмассы, которая со временем мутнеет. Отражатели зачастую делают из пластмассы, покрытой тонким слоем металла. Здесь может возникнуть эффект потускнения металлической поверхности. Указанные проблемы решаются путем использования современных материалов, а также герметизацией корпуса светильника.

Для длительной работы светодиодов также важны стабильность напряжения питания и силы тока, которые дает драйвер, а также его устойчивость к всплескам сетевого напряжения. Современная элементная база позволяет создавать блоки питания со сроком службы 50000 часов и более. Но может оказаться и так, что ресурс блока питания меньше, чем у светодиодов.

Если светодиод питать током, сила которого больше номинального значения, то можно значительно увеличить его яркость, чем успешно пользуются недобросовестные производители светильников. Обратной стороной такого подхода становится преждевременный выход из строя светодиодов.



Рис. 6. Светильник Color Graze компании Royal Philips Electronics

При «разгоне» светодиодов можно увеличить срок службы посредством более сильного охлаждения кристалла, чем при нормальном режиме работы. Однако надо понимать, что даже при обеспечении нормального теплового режима срок службы светодиодов при «разгоне» все равно снижается, поскольку одной из причин деградации кристаллов является превышение максимально допустимого значения тока.

Закключение

Срок службы светильника определяется не только качеством используемых светодиодов, но и параметрами других узлов конструкции. Применение современных материалов и электронных компонентов, а также правильно спроектированные драйвер и система охлаждения позволяют довести срок службы светильника до значения срока службы светодиодов, заявленного производителем. Но для этого требуются значительные инвестиции в исследования и производство, что могут себе позволить далеко не все компании. Особую бдительность стоит проявлять в тех случаях, когда обещания производителей конечных изделий ничем не подтверждаются, кроме данных по продолжительности работы светодиодов в идеальных условиях. А что можно считать подтверждением? Наилучший вариант, вполне естественный для ведущих компаний — когда гарантийный срок совпадает или близок к заявленному ресурсу, т.е. составляет 3...5 лет. Если же гарантийный срок составляет 1...2 года, ориентируйтесь на срок службы светильника, приведенный в официальной документации на него, а не в рекламных проспектах. В противном случае остается только уповать на репутацию производителя светильника. **5**

Получение технической информации,
заказ образцов, поставка —
e-mail: lighting.vesti@compel.ru