

Вадим Смирнов | smirnov@prosoft.ru
 Андрей Туркин | turkin@prosoft.ru

Вопросы применения светодиодных модулей Sharp

В СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

В 2008–2009 гг. в России было реализовано достаточно большое количество проектов по применению светодиодных светильников в освещении. Это свидетельствует о том, что перспективы подобного применения мощных светодиодов, о которых несколько лет до этого велись дискуссии, начинают постепенно претворяться в жизнь.

Переход от слов к делу, безусловно, вселяет некоторую надежду. Однако споры о готовности светодиодов заменить традиционные источники света — разрядные лампы — продолжаются, противоборствующие стороны находят все новые и новые аргументы в пользу своих позиций. Апологеты применения светодиодов акцентируют внимание на низком энергопотреблении и высокой надежности светодиодных источников света. Противники в основном отмечают недостаточно высокие светотехнические характеристики и высокую стоимость светодиодных изделий. В словесных баталиях зачастую приводятся примеры внедрения светодиодов в освещение, результаты которых противоречат друг другу.

Сегодня использование светодиодов в освещении может позволить сэкономить средства за счет двух факторов: снижения потребления электроэнергии и сокращения затрат на эксплуатацию. Развитие светодиодных технологий, сопровождающееся ростом светотехнических характеристик и снижением себестоимости, привело к появлению мощных светодиодов, световая отдача которых уже сравнима с самыми эффективными разрядными лампами. Этот факт, в совокупности с растущей потребностью в экономии потребляемой электроэнергии, открывает новый простор для светодиодных изделий, а именно — применение их в освещении, например, коридоров и подъездов в домах, технических зон и рабочих мест на предприятиях, складов и хранилищ, витрин и прилавков в магазинах.

Однако, как было отмечено в [1], до 2007 г. проекты по использованию светодиодов в освещении носили эпизодический характер, и только с начала 2007 г. в ведущих странах мира начали приниматься программы внедрения светодиодных устройств в освещение. В России

первые попытки были предприняты около трех лет назад, когда в Москве был реализован тестовый проект установки светодиодных светильников в подземном пешеходном переходе [1, 2]. Более целенаправленное и массовое движение началось в 2008–2009 гг.

Одним из ключевых событий здесь стала программа модернизации экономики, предложенная в прошедшем году Президентом РФ, где на первом месте стоят энергосбережение и энергоэффективность. Важнейшей частью инициативы «Новый свет» должно стать массовое производство светодиодов и внедрение светотехнических изделий на их основе. В целях участия в данной программе многие промышленные предприятия начинают проявлять интерес к подобным изделиям.

Самым, пожалуй, организованным и хорошо анонсированным является проект ОАО «Российские железные дороги» (РЖД), предусматривающий повсеместное внедрение энергосберегающих технологий, включая светодиодное освещение [1, 3].

В рамках данной программы в 2008 г. было выполнено несколько пробных инсталляций на разных объектах РЖД: на пассажирских платформах и пешеходных мостах, в ремонтных цехах локомотивного депо, на сортировочных станциях. Впечатление от реализованных проектов положительное, применение светодиодных светильников позволило сократить потребление электроэнергии на отдельных объектах до 2,5 раза при обеспечении хороших значений освещенности [1, 3]. В реализованных в 2009 г. проектах выявленные в ходе пилотных инсталляций недочеты были в основном учтены, и освещение объектов РЖД светильниками на основе светодиодов продолжено без существенных замечаний.

Во всех указанных случаях в светотехнических изделиях использовались мощные светодиоды, т. е. светодиоды с кристаллами большой площади, рабочим током 350 мА и потребляемой мощностью порядка 1 Вт. Световой поток таких светодиодов в области холодного белого цвета достигает значения 100 лм и выше, а световая отдача превышает 80 лм/Вт. По этим

параметрам светодиоды превосходили многие традиционные источники света [1]. Кроме того, надо отметить, что мощные светодиоды, используемые для освещения, производятся в широком диапазоне цветовых температур — 2600–10000 К, имеют достаточно высокий индекс цветопередачи (CRI) 75–80, имеют малые размеры и потребляют значительно меньше электроэнергии, чем традиционные источники света. Высокие значения CRI обеспечивают великолепное «качество света», т. е. лучшую передачу цвета окружающих объектов при их освещении.

В отличие от других изделий полупроводниковой электроники, где основное влияние на спрос оказывают объективные характеристики, для разных применений светодиодов на первый план выходят различные параметры. Само словосочетание «качество света», в общем, понятно, но понимается разными людьми по-разному. Вообще, данный термин говорит о целой серии факторов, включая цвет, однородность его распределения, равномерность распределения интенсивности, качество цветопередачи и т. д.

Для некоторых применений, таких как освещение рабочих мест, витрин в магазинах, экспонатов в художественных галереях и салонах, вопрос цветопередачи очень важен, и следовательно, значение CRI приобретает особое значение. Кроме того, в указанных случаях вторым по значимости параметром является яркость источника света: высокое ее значение здесь крайне нежелательно, поэтому следует обратить внимание на применение светодиодных модулей или матриц, которые уже упоминались в статье [4].

Компания Sharp при разработке своих светодиодных модулей Zenigata и MiniZeni [4] делает особую ставку на высокий индекс цветопередачи, значения CRI превышают 90, а в новых разработках достигают 95. Кроме того, светящаяся площадь у модулей Zenigata превышает 1 кв. см, что приводит к снижению яркости источника света.

Ниже будут подробнее рассмотрены примеры использования таких модулей в светотехнических изделиях.

Порядок применения в светотехнических изделиях светодиодных модулей Zenigata и Mini Zenigata

Рассмотрим методы монтажа светодиодных модулей Sharp, начиная с топовой продуктовой линейки Zenigata и Mini Zenigata. Несмотря на свое положение на верхушке LED-портфолио Sharp, эти модули идеально приспособлены для сборки светильников в условиях бюджетного производства. Это могут быть как производственные мастерские, приспособленные под сборку светотехнической продукции, так и кустарные производства. Sharp сознательно вывел на рынок продукт, помогающий вовлечь в производственный процесс широкие массы разработчиков, не располагающих современными производственными линиями по изготовлению печатных плат и SMD-монтажа светодиодов.

LED-модули Zenigata вне зависимости от мощности (3,6 или 6,7 Вт) устанавливаются одинаковым методом крепления непосредственно на радиатор (теплоотводящее шасси светильника) путем фиксирования двумя винтами M2,5, эпоксидным компаундом с высокой адгезией либо их комбинацией (рис. 1). В случае крепления винтами необходимо учитывать хрупкость керамической подложки модуля. В условиях массового производства светильников с учетом этого обстоятельства в технологическом процессе сборки используются динамометрические отвертки с регулировкой момента затяжки винта до 0,2 нм.

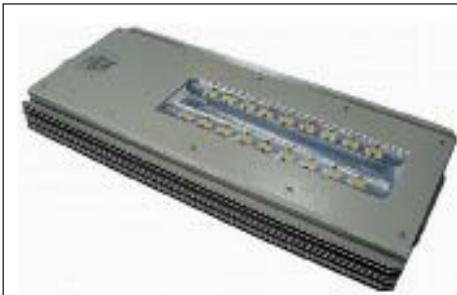


Рис. 1. Уличный светильник СКУП

В любых случаях использование термопленки и термопасты крайне рекомендовано для усиления эффективности теплообмена между светодиодным модулем и радиатором.

Типовая температура пайки модуля составляет 380 °С во временном интервале до 10 с на одну контактную площадку. Для модулей Mini Zenigata при такой же температуре пайки промежутки времени монтажа на одной контактной площадке не должны превышать 5 с.

Несмотря на общую идеологию построения топовых источников света Sharp как кластерных структур, методы их реализации несколько отличаются. Так, если модули Zenigata 3,6 Вт содержат по 30 кристаллов в последовательно-параллельных цепочках и по 48 для Zenigata 6,7 Вт, то для Mini Zenigata Sharp реализовал конструкцию из 24-х кристаллов для линейки 3,6 Вт и 45 кристаллов для 6,7-Вт светодиодных модулей.



Рис. 2. Настольная лампа 16 Вт

Дополнительно Sharp в модулях Mini Zenigata (MiniZeni) использовал цепи защитного сопротивления. Примером реализации настольного светильника с модулями MiniZeni 3,6 Вт является настольная лампа (рис. 2). Драйвер был размещен сразу за стеклом внутри полого трубчатого профиля. Источник питания AC/DC выполнен в виде выносного настольного блока. Температура подложки светодиодного модуля не превышает +80 °С, температура корпуса в самой горячей точке не больше +65 °С при температу-

ре в комнате +25 °С. Светодиодные модули приклеены к профилю с помощью двухкомпонентного эпоксидного компаунда фирмы 3М.

Ниже представлены основные вольт-амперные характеристики (ВАХ) синих светодиодов, построенных на GaN-структурах, и функций, выполняемых встроенной резистивной защитой светодиодного модуля от обратного включения. В целом направление тока от анода к катоду называется «прямым», и напротив, направление от катода к аноду называется «обратным».

Рассмотрим ВАХ для прямого протекания тока (рис. 3). Для данного режима (область «В» на рис. 3б) благодаря высокому сопротивлению характерен совсем незначительный ток при низких значениях напряжения. Тем не менее при достижении определенного порогового значения напряжения ток начинает стремительно расти (область «А» на рис. 3б). В прямом направлении ток будет расти в соответствии с приложенным напряжением.

Теперь рассмотрим ситуацию для обратного включения светодиода. Для данного режима ток весьма незначительный даже при обратном включении напряжения в 15 В (область «С» на рис. 3б). Накопленный электрический потенциал в результате может пробить *p-n*-переход.

На рис. 4 показана ВАХ для светодиодного модуля MiniZeni со встроенным резистором. При прикладывании невысокого напряжения в прямом направлении начиная с порогового

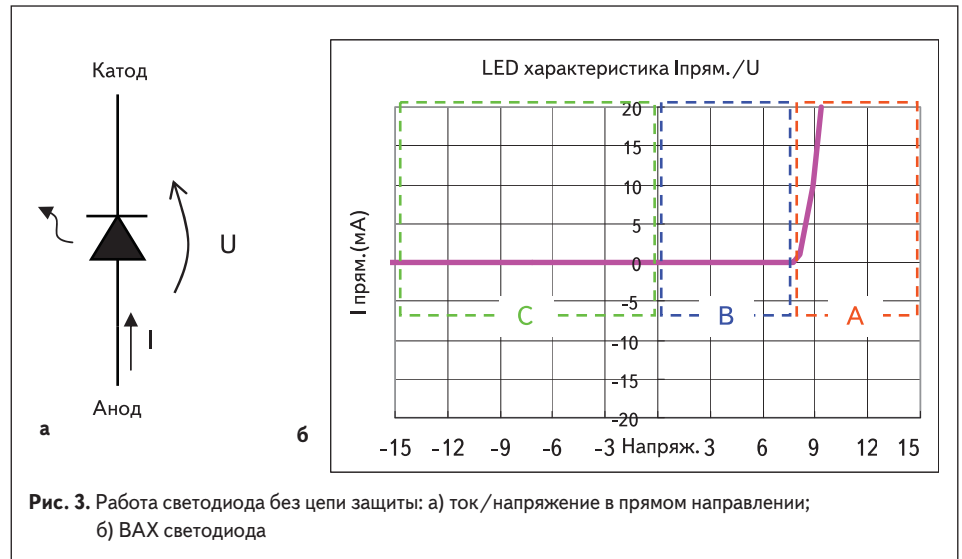


Рис. 3. Работа светодиода без цепи защиты: а) ток/напряжение в прямом направлении; б) ВАХ светодиода

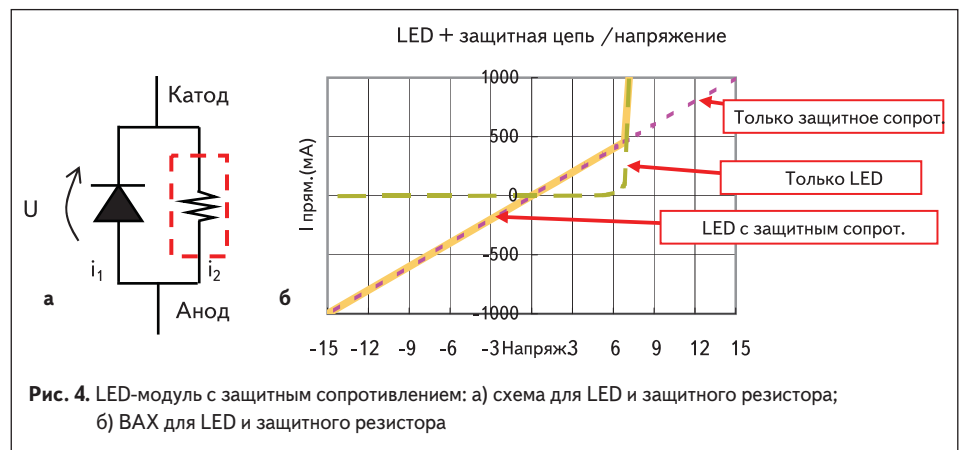


Рис. 4. LED-модуль с защитным сопротивлением: а) схема для LED и защитного резистора; б) ВАХ для LED и защитного резистора

уровня ток течет через светодиод, минуя сопротивление. С другой стороны, при подаче напряжения в обратном направлении ток через защитное сопротивление будет преобладать, поскольку обратный ток через светодиод весьма незначительный. Таким образом, защитная цепь обеспечивает функцию предохранения модуля от обратного включения. Аналогично выглядит и ВАХ для светодиодных модулей Double Dome с цепью защиты, пороговый уровень включения для них на более низком уровне около 2,5 В (рис. 4).

Порядок применения в светотехнических изделиях светодиодных модулей Double Dome 0,5 и 0,8 Вт

Если модули Zenigata (MiniZeni) предназначены для необорудованной мастерской, то модули Double Dome в SMD-исполнении ориентированы на высокотехнологичное производство. Однако и здесь Sharp остался приверженцем кластерной LED-структуры на керамической подложке.

Эти изделия содержат по 3 параллельно соединенных кристалла с дополнительной цепью защиты. Кремниевая линза первичной оптики обеспечивает кривую силы света с углом 120° при световом потоке до 38 лм (ток 150 мА) или до 51 лм (ток 220 мА). Структурная схема такого модуля приведена на рис. 5. Модули Double Dome обеспечивают еще более распределенный световой поток светильника и при размерах подложки 2,8×2,8 мм являются одними из самых маленьких SMD-светодиодов для общего освещения, представленных на рынке.

Характерной особенностью данных LED-модулей является работоспособность в ограниченном пространстве корпуса светильника при большом количестве светодиодов и относительно небольших габаритах радиатора. Это подтверждается длительным опытом применения данных модулей в качестве системы задней подсветки FULL W-LED телевизоров серий Sharp LE600 и LE700. Подсветка представляет собой 240 светодиодных групп (по четыре белых UltraBrilliant-светодиода в каждой), которые равномерно расположены непосредственно за LCD-панелью. Т. е. в ультратонком телевизоре X-Gen 10-го поколения с диагональю LCD-матрицы 46 дюймов установлено 960 светодиодных модулей Double Dome. Такие же модули устанавливаются в матрицах Sharp для промышленного применения, а также в телевизорах других производителей. Быстро отводить тепло и рассеивать его на задней стенке матрицы помогает керамическая подложка, а также малая мощность самого модуля.

Рекомендуемая производителем температура пайки +350 °С, рабочая температура на корпусе +100 °С, хотя опытная эксплуатация в течение длительного периода времени говорит о работоспособности модуля и при более высоких температурах.

Основной целью, которую преследует Sharp при выводе на рынок своих светодиодных модулей, является предоставление разработчикам светотехнических изделий компонентов

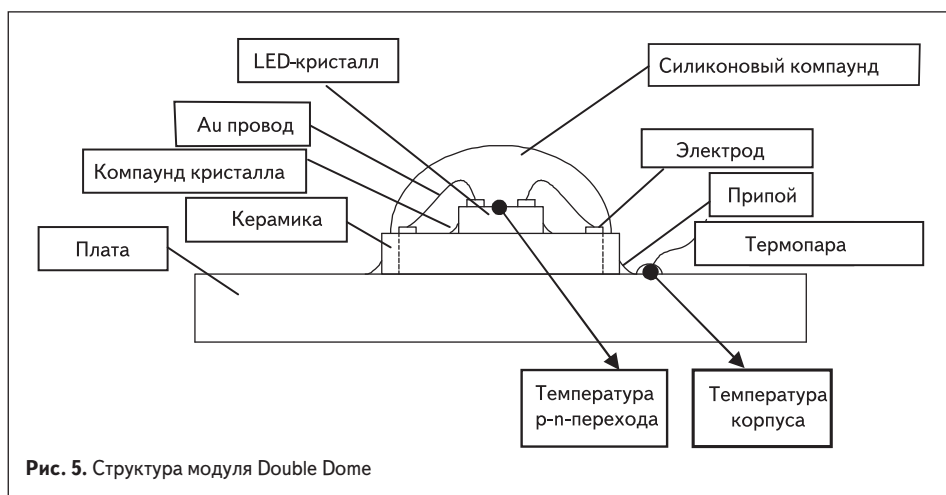


Рис. 5. Структура модуля Double Dome

для систем «качественного света». Все новинки выпускаются Sharp с индексом цветопередачи $CRI \geq 80$, модули по цветовым координатам удовлетворяют критериям европейских стандартов ANSI C78-377-2008, а по индексам цветопередачи — требованиям Energy Star.

Ускоренные испытания на деградацию светодиодных модулей Zenigata

Для испытания надежности светодиодных модулей Zenigata начаты эксперименты по их длительной работе в условиях улицы. Эксперимент проводится для образцов светодиодных модулей мощностью 3,6 Вт теплого белого цвета свечения. График изменения спектра представлен на рис. 6. Кривые на графике нормированы на интенсивность синей полосы излучения кристаллов светодиодного модуля. Видно, что за 2500 ч непрерывной работы в условиях улицы интенсивность свечения снизилась примерно на 20%, вследствие чего наблюдается выравнивание интенсивностей синей полосы излучения кристаллов и желтой полосы излучения люминофора. Это приводит к сдвигу цветовых координат светодиодного модуля в область естественного белого цвета.

Данный факт можно объяснить тем, что в процессе испытаний модули поставлены в несколько более жесткие условия и используются без дополнительного теплоотвода, что приводит к недостаточному рассеянию выделяемой мощности и, как следствие, перегреву кристалла и люминофора. Перегрев люминофора может быть причиной снижения интенсивности его свечения, наблюдаемого в процессе эксперимента.

Эксперимент планируется продолжить, и дальнейшие результаты будут опубликованы. ●

Литература

1. Туркин А. Мощные светодиоды Cree для освещения: основные преимущества и перспективы применения // Полупроводниковая светотехника. 2009. № 2.
2. Гужов С., Полищук А., Туркин А. Концепция применения светильников со светодиодами совместно с традиционными источниками света // СТА. 2008. № 1.
3. Туркин А. Перспективы применения мощных светодиодов Cree для освещения // Новости электроники. 2009. № 9.
4. Смирнов В., Туркин А. Sharp LED — и мощно, и ярко // Полупроводниковая светотехника. 2010. № 2.

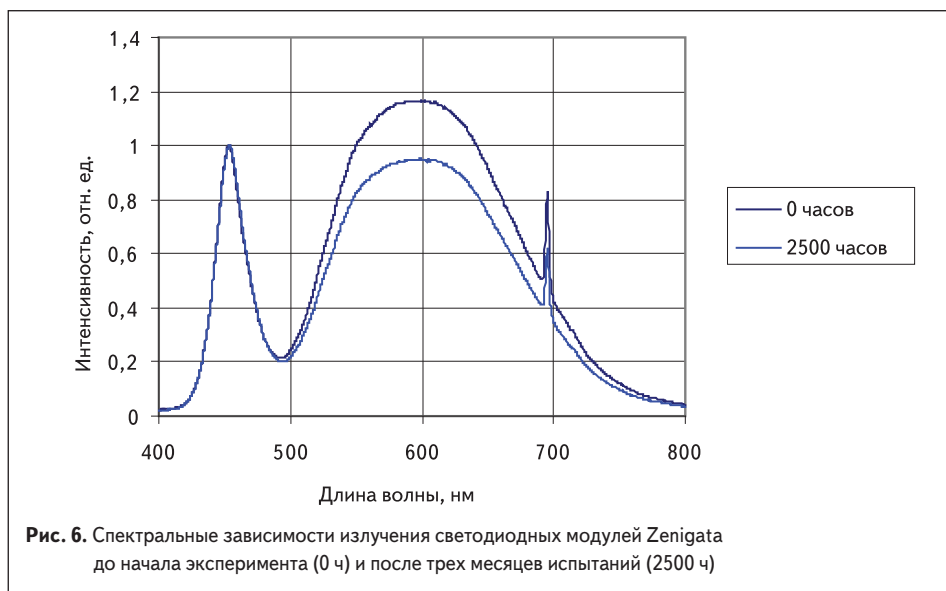


Рис. 6. Спектральные зависимости излучения светодиодных модулей Zenigata до начала эксперимента (0 ч) и после трех месяцев испытаний (2500 ч)