

Перспективная продукция CREE —

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

Новые серии светодиодов, выпущенные компанией Cree в 2011 г., демонстрируют самую высокую светоотдачу (XM-L), максимальный световой поток при ограниченных размерах (MT-G), высокую эффективность при низкой стоимости (XP-E HEW) и высокую эффективность при малой мощности (ML-E, ML-B).

Существующая на мировом рынке конкуренция среди производителей мощных осветительных светодиодов побуждает разрабатывать и выпускать продукцию со все более качественными характеристиками и лучшими параметрами. В выгодной ситуации оказываются те производители, которые обладают собственной эффективной технологией производства и проводят достаточный объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В настоящее время среди мировых производителей светодиодов (Cree, Osram, Philips Lumileds, Nichia, Seoul Semiconductor) по многим достигнутым в отрасли параметрам лидирующие позиции занимает Cree. Выйдя на рынок мощных осветительных светодиодов в 2006 г., компания в очень короткий срок смогла занять ведущее место в рейтинге производителей. В настоящий момент она занимает более четверти рынка мощных светодиодов (точнее, 27%). Основными составляющими, которые позволили достичь таких показателей, являются собственная уникальная технология выращивания кристаллов нитрида галлия на подложке из карбида кремния (SiC/GaN) и то, что на дальнейшие исследования и разработки в области именно мощных осветительных светодиодов направляется значительная часть от прибыли компании (примерно 10% от оборота).

Область применения мощных светодиодов очень широка: от декоративной подсветки внутри помещения до освещения улиц, тоннелей и магистралей. Светодиоды с успехом применяются также и в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ).

Для каждого конкретного применения можно выделить ряд общих требований к светодиоду, которые будут наиболее оптимальны с точки зрения его использования. Например, для промышленного освещения, освещения улиц важными параметрами являются величина светового потока, возможность точного управления световым пучком для формирования требуемой кривой силы света (КСС), эффективность; для офисного освещения (встраиваемые светильники в потолок типа «Армстронг») важны отсутствие ослепляющего эффекта, равномерность светящейся поверхности, отсутствие множественных полутеней, эффективность. При разработке светового прибора для прямой замены галогенной лампы желательно получить требуемый световой поток от одного светодиода. Для некоторых других применений (магазины тканей, полиграфия и т. п.) требуются световые приборы с повышенным индексом цветопередачи (CRI, Ra).

Исходя из этих требований, Cree постоянно расширяет линейку продукции, добавляя новые серии, которые будут наиболее оптимальны для применения в том или ином случае. В на-

стоящее время компанией выпускается 15 серий мощных осветительных светодиодов класса XLamp. Одна часть этой продукции присутствует на рынке уже длительное время (серии XR-C, XR-E), другая (серии XP-C, XP-E, XP-G, MC-E, MP-L, MX-6, MX-3) была разработана сравнительно недавно, но успела завоевать большую популярность. Третья группа светодиодов представлена новинками, которые вышли в самом конце 2010 г. и начале 2011 г. К ней относятся серии светодиодов: XM-L, ML-E, ML-B, XP-E HEW, MT-G.

Выпустив в 2009 г. серию светодиодов XP-G, компания смогла занять и до настоящего момента прочно удерживает ведущее место по достигнутым параметрам в отрасли. В конце 2010 г. начал серийный выпуск светодиодов нового поколения с поистине уникальными характеристиками — светодиоды серии XM-L.

XM-L — серия светодиодов нового поколения с максимальным значением эффективности и светового потока

Весной 2010 г. компания анонсировала новый мощный светодиод класса XLamp XM-L с самой высокой светоотдачей в отрасли — до 159 лм/Вт на токе 350 мА (рис. 1). В настоящий момент эти светодиоды уже выпускаются серийно в холодном, нейтральном и теплом белом цвете. Световой поток при токе 700 мА может достигать 300 лм (в холодном белом), тепловое сопротивление 2,5 °C/Вт и максимальное значение тока 3 А. На максимальном токе

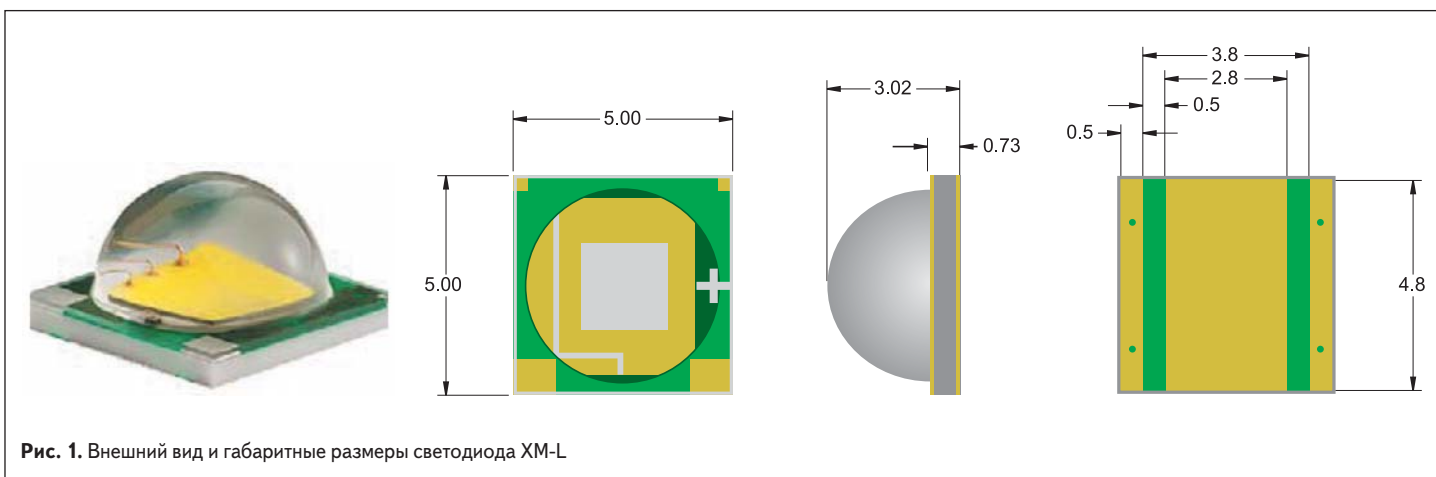


Рис. 1. Внешний вид и габаритные размеры светодиода XM-L

Таблица 1. Основные характеристики XM-L

Цвет	Холодный	Нейтральный	Теплый
Ток, максимальный, мА	3000		
Световой поток, лм (при 700 мА)	280	280	240
Тепловое сопротивление, °С/Вт	2,5		
Угол излучения, град.	125		
Прямое падение напряжения (тип.), В (при 700 мА)	2,9		

светодиод способен обеспечить до 910 лм, при этом мощность, подводимая к светодиоду, составит около 10 Вт. Прямое падение напряжения (типичное) при токе 700 мА — не выше 2,9 В. На сегодня по совокупности фотометрических и электрических характеристик практически невозможно найти аналогичный светодиод.

Биновка светодиодов по цветовой температуре осуществляется, как и во всей другой светодиодной продукции компании Cree, по стандарту ANSI C78.377.

Светодиоды изготавливаются в керамическом симметричном корпусе (5×5×3 мм) для поверхностного монтажа с электрически изолированной от кристалла подложкой. Максимальная рабочая температура перехода кристалла может достигать +150 °С. Светодиоды серии XM-L (табл. 1) предназначены в первую очередь для световых приборов, заменяющих существующие светильники, выполненные на ДРЛ, металлогалогенных и натриевых лампах, для уличного и промышленного освещения.

В настоящий момент финская компания LEDIL OY, один из ведущих мировых производителей вторичной оптики для светодиодов, уже имеет в своей номенклатуре несколько линз под серию XM-L с круговой диаграммой направленности 20–60°.

Цены на продукцию Cree таковы, что наиболее низкая стоимость света (рубль/люмен) получается на новых, более дорогих светодиодах, но при их правильном использовании. Под правильным использованием понимается такой режим работы светодиода, который обеспечивает приемлемый срок его службы (десятки тысяч часов) с максимальной отдачей. Это примерно 50–70% по току от максимально возможного значения. В данном случае можно ожидать отношения рубль/люмен на уровне

20–25 коп. за люмен при работе на токе 2,1 А (при заказе светодиодов в холодном белом цвете несколько сотен шт). Типовая эффективность в этом случае будет ~96 лм/Вт (температура кристалла +25 °С). Использование данного светодиода на токе менее 1,5 А экономически неоправданно, возможно, если требуется повышенное значение эффективности (более 110 лм/Вт).

Как видно из технических характеристик, для питания нового светодиода требуются источники с достаточно большим выходным током: 1,5–3 А. Источники питания с подобными характеристиками можно найти у таких компаний, как Inventronics, UE Electronic, Mean Well, или разработать свой собственный под требуемые параметры.

Для изготовления световых приборов, соответствующих галогенным лампам в формате MR16, начат серийный выпуск многокристальных светодиодов MT-G.

MT-G — серия светодиодов для эквивалента галогенной лампы MR16 мощностью 35/50 Вт

Галогенные лампы MR16 имеют очень широкое применение во встраиваемых светильниках и акцентирующей подсветке. Один из недостатков галогенных ламп в том, что они

нагреваются до высоких температур и имеют невысокую эффективность (15–20 лм/Вт). Выгодной с точки зрения эффективности и температуры оказывается замена лампы на ее светодиодный аналог. Существовавшие до настоящего времени светодиоды не являлись оптимальными для данного применения: не получался требуемый световой поток при нужных размерах.

С выходом светодиода MT-G проблема получения нужного светового потока при ограниченных размерах устранена. Светодиод имеет размеры корпуса 9,1×9,1×4,9 мм и диаметр линзы 8 мм — оптимальный для рефлектора MR16, и, как все светодиоды класса XLamp, имеет электрически нейтральную подложку (рис. 2).

Основные характеристики светодиода серии MT-G приведены в таблице 2. Светодиоды изготавливаются на фиксированные значения цветовой температуры (2700, 3000, 3500, 4000 К) по технологии EasyWhite. Данная технология исключает для потребителя традиционную биновку светодиодов по цветовой температуре и в итоге значительно упрощает выбор светодиодов для изготавливаемых изделий.

Биновка светодиодов осуществляется при температуре кристалла +85 °С. В реальном устройстве светодиоды никогда не работают при температуре кристалла +25 °С (при которой измеряются параметры светодиода). Известно, что с повышением температуры кристалла изменяются координаты цветности светодиода и уменьшается световой поток. Поэтому биновка светодиодов при температуре кристалла +85 °С позволяет потребителю более правильно и точно выбирать параметры светодиода (световой поток, цветовую температуру) для своего изделия.

В многокристальных светодиодах, производимых по технологии EasyWhite, кристаллы на этапе изготовления светодиода подбираются

Таблица 2. Основные характеристики MT-G

Цветовая температура, К	2700	3000	3500	4000
Световой поток, лм (при 1100 мА)	480	520	520	560
Ток, максимальный, мА	4000			
Тепловое сопротивление, °С/Вт	1,5			
Угол излучения, град.	120			
Прямое падение напряжения (тип.), В (при 1100 мА)	5,6			

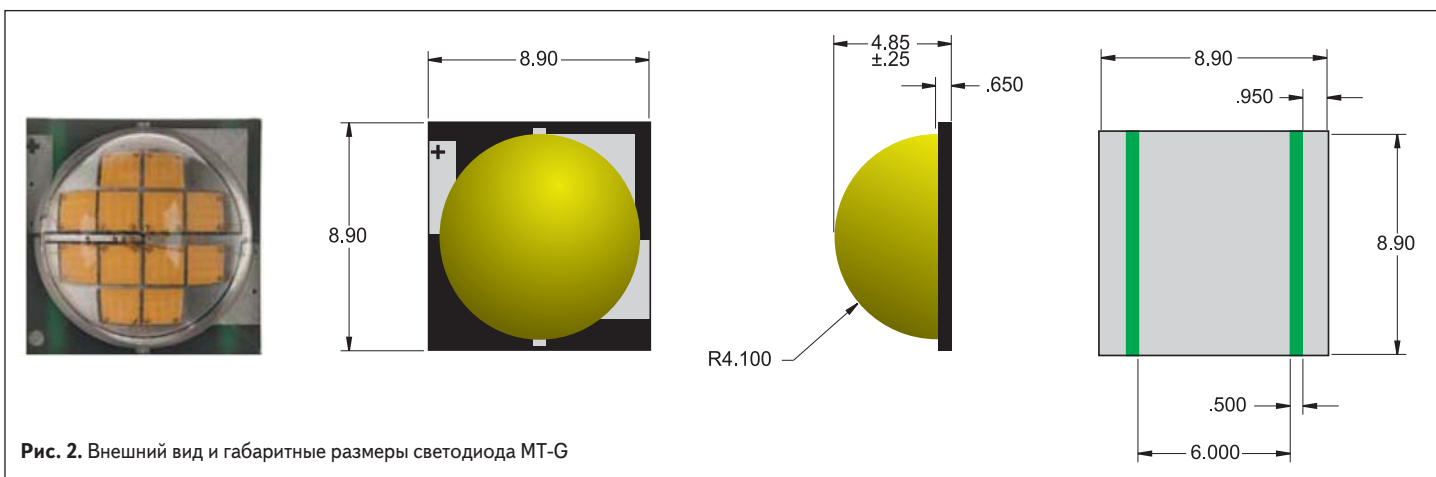


Рис. 2. Внешний вид и габаритные размеры светодиода MT-G

таким образом, чтобы цветовые координаты излучения светодиода укладывались в заранее определенный диапазон на равноконтрастном цветовом графике МКО. Эта область определяется эллипсами МакАдама для той или иной вероятности возникновения различий в цветовом ощущении (двух- или четырехшаговый эллипс). Диапазон цветовой температуры, соответствующий двухшаговому эллипсу МакАдама, соответствует диапазону координат цветности обычной лампы накаливания. Такая незначительная нестабильность координат для среднестатистического наблюдателя является неразличимой. Точность установки координат цветности люминесцентных ламп соответствует диапазону четырехшагового эллипса МакАдама, при этом различия в цветности источников света



Рис. 3. Рефлектор C11862_Minnie-W-MTG

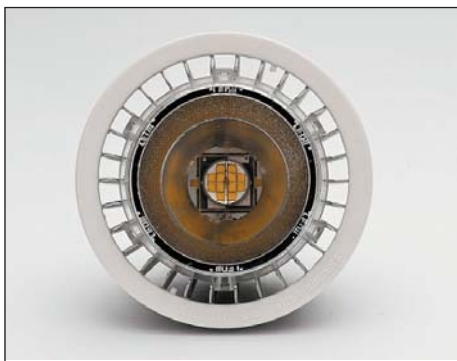


Рис. 4. Вид лампы MR16 на светодиоде MT-G с рефлектором LEDIL OY



Рис. 5. Вид лампы MR16 на светодиоде MT-G с линзой Carclo TIR 27°

могут быть обнаружены. Для справки, точность установки цветовой температуры компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) соответствует семишаговому эллипсу МакАдама.

Светодиоды MT-G EasyWhite сортируются по значению цветовой температуры. Точность установки координат цветности соответствует двух- или четырехшаговому эллипсу МакАдама и при заказе определяется символом в наименовании:

- MTGEZW-00-0000-0B00F035H — двухшаговый эллипс МакАдама;
- MTGEZW-00-0000-0B00F035F — четырехшаговый эллипс МакАдама.

При токе 1500 мА светодиод способен обеспечить до 730 лм (важно: при температуре кристалла +85 °С), имея при этом эффективность ~85 лм/Вт. Это больше по световому потоку и значительно лучше по эффективности, чем галогенная лампа мощностью 50 Вт; подводимая мощность к светодиоду составит всего 9 Вт.

Упомянутый выше производитель вторичной оптики для светодиодов LEDIL OY имеет в линейке своей продукции отражатель (рефлектор) для светодиода MT-G. Это модель C11862_Minnie-W-MTG (рис. 3). Угловое распределение силы света этого рефлектора соответствует угловому распределению силы света обычной галогенной лампы MR16 с углом излучения 36°. На рис. 4 приведен образец лампы MR16, изготовленной на светодиоде MT-G с отражателем LEDIL OY.

Вторичную оптику для светодиодов выпускают многие производители. Можно найти линзы для светодиода MT-G также и у компании Carclo Technical Plastics. Вид эквивалента галогенной лампы на светодиоде MT-G с линзой 27° от Carclo приведен на рис. 5.

Поскольку подобные лампы рассчитаны на напряжение 12 В (переменного или постоянного тока), то для питания светодиода необходимо будет разрабатывать собственную схему. В этом случае потребуются понижающий DC/DC интегральный драйвер. Подобные микросхемы широко представлены такими производителями, как Texas Instruments, Supertex, STMicroelectronics, ON Semiconductor, Zetex и др.

На стоимость светодиода в первую очередь влияет стоимость кристалла. Поэтому заманчивой становится возможность получить с кристалла одной и той же площади как можно больше света. Это достигается различными методами. Компания Cree, взяв за основу кристалл светодиода XP-E, имеющий относительно невысокую стоимость, попыталась «выжать» из него максимум света. Для этого пришлось выполнить специальную огранку кристалла по примеру огранки бриллианта, то есть увеличить площадь кристалла, с которой

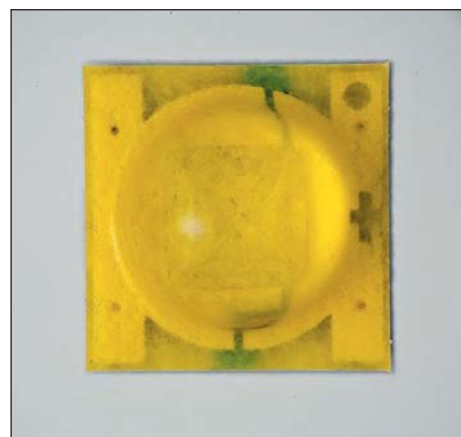


Рис. 6. Светодиод серии XP-E HEW

выходит свет. Если посмотреть на рис. 6, то можно увидеть две диагонали, проходящие по кристаллу: это и есть то основное изменение, которому подвергся светодиод серии XP-E, превратившись в светодиод серии XP-E HEW (High Efficiency White — высокоэффективный белый).

XP-E HEW — серия светодиодов с эффективностью, близкой к серии XP-G, а стоимостью ниже XP-E

Светодиоды серии XP-E HEW обладают количественными светотехническими параметрами, близкими к параметрам светодиодов серии XP-G, при значительно более низкой стоимости. Основные параметры светодиода приведены в таблице 3.

Но не все так просто. После огранки кристалла стало сложно нанести на его поверхность люминофор с требуемой равномерностью. В результате чего светодиод при свечении имеет существенный градиент цветовой температуры по пятну света, который только усиливается, если применить вторичную оптику (линзы). Выход из положения был найден. Этот светодиод прекрасно подходит для тех применений, где используется матовый диффузный рассеиватель. На рис. 7 изображен пример использования светодиода.

Используя диффузный рассеиватель, можно получить засветку с хорошей равномерностью по цветовой температуре. Конечно, часть света неизбежно теряется в этом рассеивателе, но, учитывая изначально высокую эффективность светодиода и низкую стоимость, эти потери могут быть оправданы. Применяя светодиод таким образом, мы получаем светящуюся

Таблица 3. Основные характеристики XP-E HEW

Цвет	Холодный	Нейтральный	Теплый
Ток, максимальный, мА	1000		
Световой поток, лм (при 350 мА)	139	122	114
Тепловое сопротивление, °С/Вт	2,5		
Угол излучения, град.	115		
Прямое падение напряжения (тип.), В при 350 мА	3,2		



Рис. 7. Пример использования светодиода серии XP-E HEW

поверхность достаточно большой площади, что резко снижает неприятный ослепляющий эффект.

Рассмотрим на некотором примере эффективность применения светодиода XP-E HEW. Зададимся начальными условиями:

- световой поток не менее 600 лм;
- коэффициент пропускания 0,85;
- КПД источника питания 85%;
- температура в «точке пайки» $T_{sp} = 80^\circ\text{C}$.

Расчет проведем при условии одинаковой общей эффективности двух светильников (общая эффективность (лм/Вт) — const). Результаты расчета сведены в таблицу 4. Расчет проводился с использованием программы, разработанной Cree для расчета параметров светодиодов, — PCT-калькулятор. Программа находится в свободном доступе на сайте компании.

Из таблицы 4 видно, что одинаковый световой поток и эффективность двух светильников можно обеспечить, используя светодиоды серии XP-E HEW в значительно меньшем количестве (5 шт. против 10 шт.). С учетом меньшей стоимости серии XP-E HEW выгода более чем очевидна.

Есть еще одна положительная особенность светодиодов серии XP-E HEW — это то, что их можно заказывать с сортировкой по индексу цветопередачи (CRI, Ra). Значения индекса цветопередачи могут быть следующие: не менее 80, не менее 85 и не менее 90.

В наименовании позиции индекс цветопередачи обозначается буквенным символом:

- XPЕWHT-N1-0000-00BF6 — не менее 80;
- XPЕNEW-P1-0000-00AE8 — не менее 85;
- XPЕNEW-U1-0000-00AE7 — не менее 90.

Светодиоды с нормированным индексом цветопередачи найдут применение там, где есть повышенные требования к цветоразличению

Таблица 4. Результаты расчета параметров светильника

Тип светодиода	Ток, мА	Кол-во LED	Световой поток светильника, лм	Общая эффективность, лм/Вт	Потребляемая мощность, Вт
XLamp XP-E	350	10	630	51	12,3
XLamp XP-E HEW	700	5	645	52	12,3

Таблица 5. Основные параметры светодиодов ML-E/В

Цвет	ML-E (0,5 Вт)		ML-B (0,25 Вт)	
	Холодный белый	Теплый белый	Холодный белый	Теплый белый
Цветовая температура, К	8300–4300	4300–2600	8300–4300	4300–2600
Тепловое сопротивление, °С/Вт	11	11	25	25
Угол излучения, град.	120			
Прямое падение напряжения (тип.), В	3,2 (при 150 мА)		3,2 (при 80 мА)	
Световой поток, лм (при токе 150 мА / 80 мА)	54	42	28	22
CRI (тип.)	75	80	75	80

освещаемых объектов: магазины, помещения для полиграфических работ и т. п.

Индекс цветопередачи нормируется не только в рассматриваемой серии XP-E HEW, но и в других популярных сериях светодиодов: XP-E, XP-G, MX-6. Расширяя линейку продукции в области светодиодов мощностью более 1 Вт, Cree не обходит вниманием и область небольших мощностей — 0,5 Вт и менее.

Светодиоды небольшой мощности и с небольшим световым потоком требуются там, где необходимо создание светильников в виде равномерно светящейся поверхности, например для местного освещения, встраиваемые в подвесной потолок типа «Армстронг». Используя такие светодиоды и устанавливая их с меньшим шагом, можно получить равномерно светящуюся поверхность, применяя в качестве

рассеивающего стекла материал с меньшими потерями. В конечном итоге это позволит снизить или полностью избавиться от таких неприятных эффектов, как множественные полутени и пикселизация. Исходя из этих требований в начале осени были запущены в серию 0,5-Вт светодиоды класса XLamp серии ML-E, а с начала текущего года — светодиоды ML-B мощностью 0,25 Вт.

ML-E/В — высокоэффективные 0,5/0,25-Вт светодиоды класса XLamp для основного света

Светодиоды серий ML-E/В изготавливаются в корпусе для поверхностного монтажа PLCC4 с размерами 3,5x3,5x1,2 мм (рис. 8). На рисунке видно, что светодиоды имеют теплоотводя-

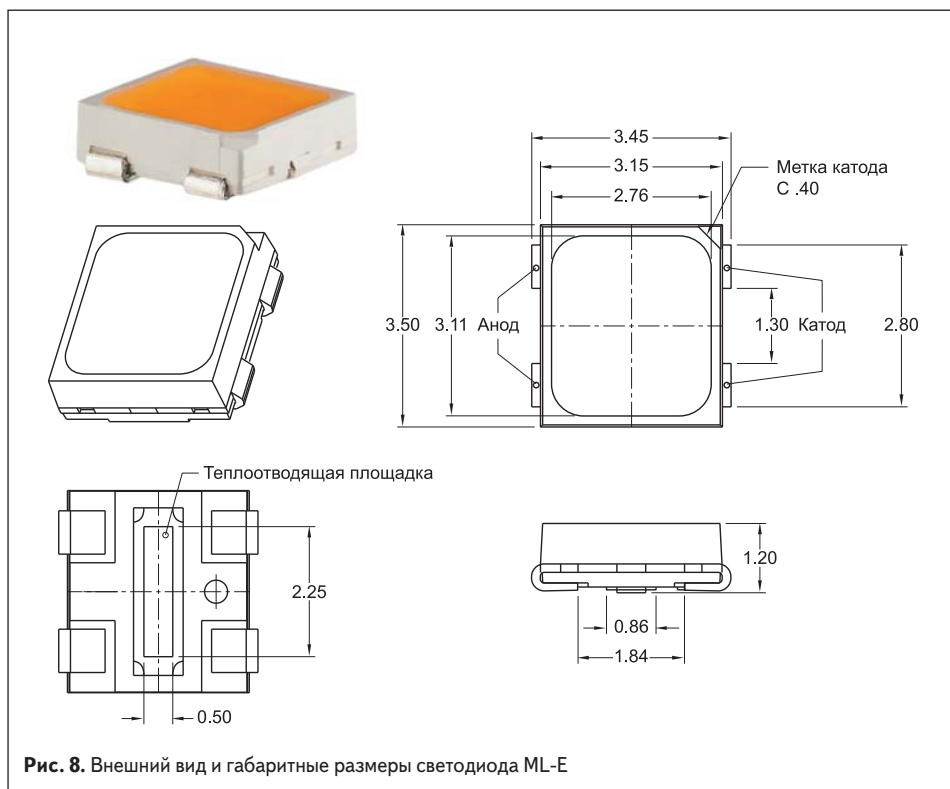


Рис. 8. Внешний вид и габаритные размеры светодиода ML-E

щую электрически изолированную площадку (HeatSink), которую требуется припаивать к печатной плате.

Основные параметры светодиодов серий ML-E/B приведены в таблице 5.

Отличительной особенностью данных серий светодиодов является высокое значение светотдачи: до 112 лм/Вт в холодном белом цвете и низкое тепловое сопротивление 11 °C/Вт. Казалось бы, 11 °C/Вт — это довольно много. Но это не так. Выполним несложный расчет. Физический смысл теплового сопротивления (°C/Вт) — на сколько градусов изменится температура изделия при рассеивании на нем мощности в 1 Вт. Учитывая КПД светодиода в первом приближении 20% (в данном примере это не принципиально), светодиод в тепло преобразует 0,4 Вт подводимой энергии (на токе 150 мА). Тогда разница температур между «термопадом» светодиода и кристаллом (*p-n*-переходом) составит очень малую величину — всего 4,4 °C. Максимальный ток светодиодов серии ML-E достигает 500 мА, а серии ML-B — до 175 мА.

Основное применение светодиоды серий ML-E/B найдут там, где необходимы высокие требования к однородной яркости свечения поверхности:

- замена светильников, выполненных с использованием люминесцентных ламп T5 и T8;
- световые короба и панели;
- функциональное освещение.

На светодиоды серии ML-E имеется график деградации светового потока (рис. 9). Используя его, можно определить ожидаемый срок служ-

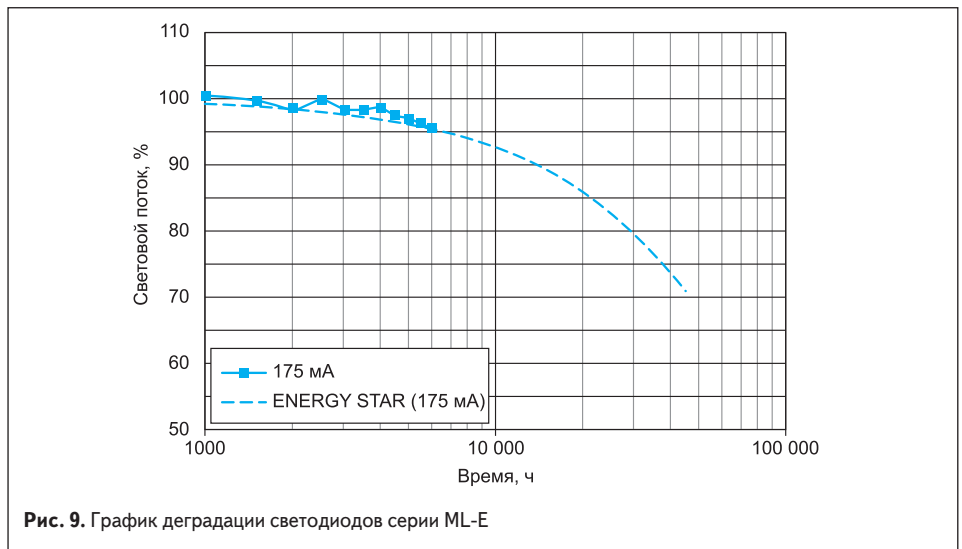


Рис. 9. График деградации светодиодов серии ML-E

бы светодиодов при определенных условиях эксплуатации (ток 175 мА, температура окружающей среды и в точке пайки +85 °C).

В мире есть ряд производителей светодиодов, в номенклатуре которых присутствуют многокристалльные сборки с числом кристаллов от нескольких десятков и более. Световой поток, который обеспечивают эти сборки, весьма велик: от 1000 лм. Для потребителя подобные сборки интересны тем, что их удобно монтировать. Как правило, они имеют крепежные отверстия под винт и контакты под пайку обычной паяльной станцией. Основной недостаток такого конструктивного решения в том, что множество кристаллов, находясь на небольшой площади, нагревают друг друга, и в итоге снижается эффективность. Тем не менее подобные решения активно применяются.

Компания Cree в ближайшее время (1,5–2 мес.) планирует начать серийное производство подобных многокристалльныхборок CXA20.

СХА2011 — многокристалльная сборка с большим световым потоком и высокой эффективностью

Сборка CXA2011 изготавливается на алюминиевом основании размером 22×22 мм (рис. 10). Один из примеров использования показан на рис. 11.

Параметры сборки при цветовой температуре 5000 К (температура кристалла +85 °C): 1040 лм при 11 Вт (95 лм/Вт); 2000 лм при 27 Вт (74 лм/Вт). Биновка осуществляется при температуре кристалла +85 °C. Диапазон рабочего тока 100–1000 мА. Рассеиваемая мощность до 47 Вт. При потребляемой мощности 27–28 Вт сборка эквивалентна по световому потоку лампе накаливания мощностью 200 Вт.

Данные параметры показывают, что в настоящее время сложно будет найти конкурентов по эффективности среди выпускаемой другими компаниями аналогичной продукции.

Кристаллы находятся на алюминиевом основании, что позволяет лучше осуществлять отвод тепла от кристаллов по сравнению с керамическим основанием. У керамического основания есть еще один недостаток — оно хрупкое: если

при монтаже происходит некоторый перекокс, оно трескается.

За очень короткий промежуток времени компания Cree выпустила на рынок большое количество новых серий светодиодов, наиболее оптимальных для какого-либо конкретного применения: от декоративной подсветки внутри помещения до мощных уличных светильников.

Вновь выпускаемые серии светодиодов (MT-G, CXA2011) Cree бинует уже при температуре кристалла +85 °C, что значительно ближе к реальному рабочему режиму. Следующий шаг — это светодиоды с эффективностью до 231 лм/Вт. Подобная эффективность уже достигнута в лабораторных условиях, о чем было заявлено в 2011 г. Между заявленными характеристиками и началом серийного выпуска должен пройти определенный срок. У компании Cree обычно этот срок составляет два с половиной — три года (исходя из истории XP-G, XM-L).



Рис. 10. Внешний вид CXA20



Рис. 11. Пример использования сборки CXA20