

Новаторские решения Cree в светодиодном освещении

Часть 1. Светодиоды для внутреннего освещения

СЕРГЕЙ МИРОНОВ, инженер по применению, «Компэл»

В статье рассматриваются светодиоды с высоким индексом цветопередачи, виды биннинга по цветовой температуре, технология изготовления EasyWhite компании Cree. Обсуждаются также вопросы о том, какие светодиоды оптимальны для внутреннего или наружного освещения и почему; как подбирать светодиоды, чтобы не была заметна разница в цветности.

В настоящее время в индустриально развитых странах наблюдается активное внедрение в различных сферах хозяйствования энергосберегающих технологий. Одной из таких сфер, где применение энергосберегающих технологий даст существенную экономию электроэнергии, а, соответственно, и природных ресурсов, является освещение. Понимание этого обстоятельства приводит к тому, что на правительственном уровне принимаются различные программы по ограничению и полному отказу от традиционных неэффективных источников света и замене их более эффективными источниками.

Для оценки эффективности источников света используется **светоотдача**, измеряемая в люменах на ватт (лм/Вт). Этот параметр показывает количество света, которое генерирует источник при подведении к нему электрической мощности 1 Вт. Значение светоотдачи у ламп накаливания находится в диапазоне 12—15 лм/Вт, у люминесцентных ламп — 70–100 лм/Вт, а у самых эффективных натриевых ламп — 90–150 лм/Вт.

Эффективным на сегодняшний день и перспективным в дальнейшем развитии источником света является мощный светоизлучающий диод (светодиод, СИД). В настоящее время серийно выпускаемые мощные светодиоды по светоотдаче уже превосходят такие традиционные источники света как люминесцентные и даже натриевые лампы.

Количество позиций мощных осветительных светодиодов различных производителей исчисляется десятками тысяч, и разработчику приходится решать трудную задачу по выбору производителя светодиодов и его продукции для того или иного применения.

В настоящее время, среди мировых производителей светодиодов (**Cree, Osram, Philips Lumileds, Nichia, Seoul Semiconductor**) по многим достигнутым в отрасли параметрам лидирующие позиции занимает компания **Cree**. Выйдя на рынок мощных осветительных светодиодов в 2006 г., она в очень короткий промежуток времени смогла занять ведущее место в рейтинге производителей. По результатам финансового года на долю компании приходится примерно треть рынка мощных осветительных светодиодов.

Основными составляющими, которые позволили достичь таких значительных 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 мощных осветительных светодиодов направляется значительная часть от прибыли компании (примерно 10% от оборота).

Все выпускаемые компанией Cree мощные светодиоды под общим названием **XLamp** делятся на **семейства** в соответствии с определенным типом и размером корпуса, которые по техническим параметрам делятся на **серии** (см. рис. 1). Деление на серии осуществляется применением в светодиоде одного семейства кристаллов разного размера или разного количества кристаллов (в многокристалльных светодиодах). Этим и определяется достигаемое различие в технических параметрах между сериями.

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 оптимальными с точки зрения его использования. Например, для промышленного и наружного освещения важными параметрами является 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») важными параметрами являются отсутствие ослепляющего эффекта и множественных полутеней, равномерность светящейся поверхности, эффективность. При разработке светового прибора для прямой замены галогенной лампы желательно получить требуемый световой поток от одного светодиода и иметь при этом высокую эффективность, т.к. из-за

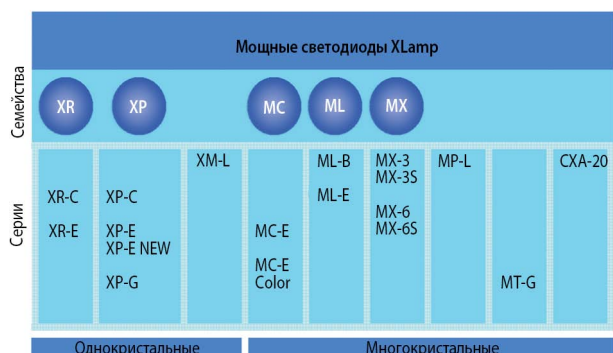


Рис. 1. Классификация светодиодов Cree класса XLamp

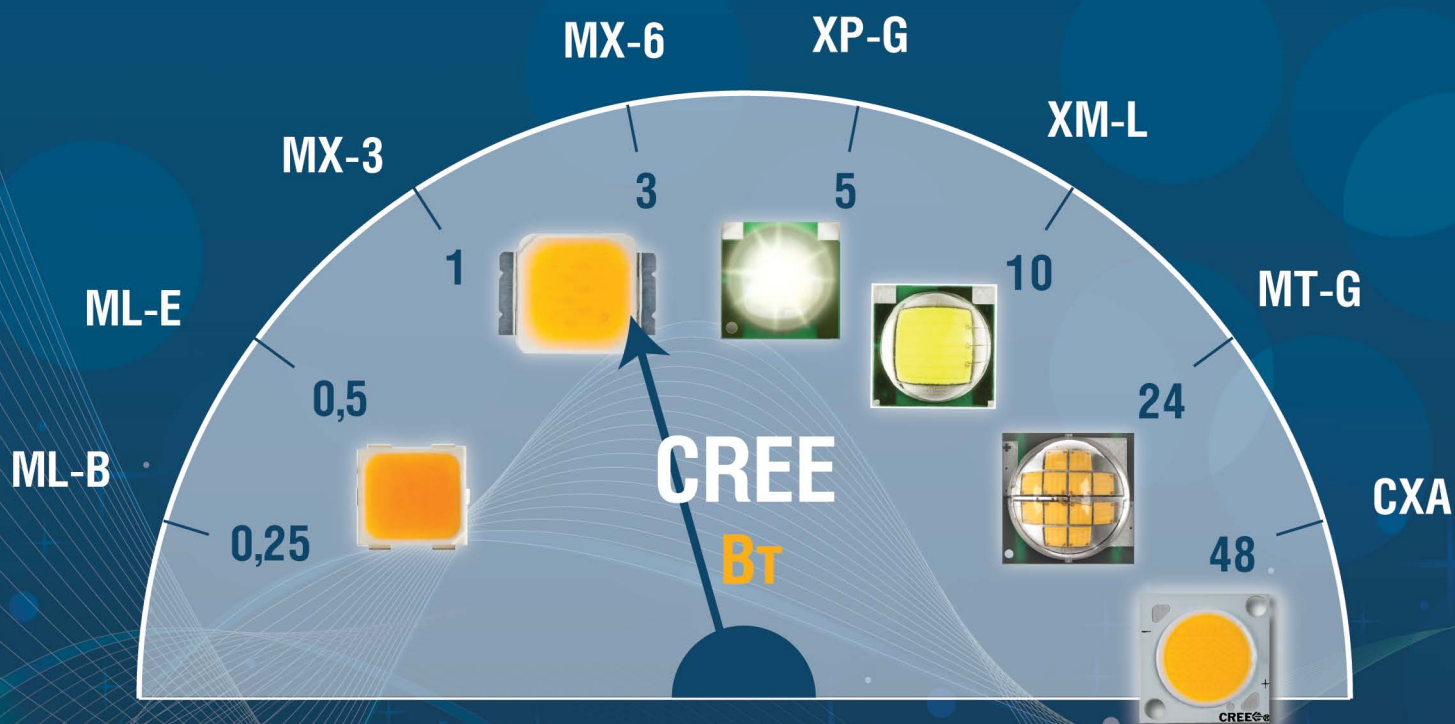


www.cree.com

Светодиоды для освещения



Выбери свой уровень мощности!



Полный ассортимент светодиодов компании CREE во всем диапазоне мощностей, предлагаемый компанией КОМПЭЛ, позволяет реализовать любое решение в области освещения!

Москва
Тел.: (495) 995-0901 доб. 2393
E-mail: svet.msk@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404 доб. 4339
E-mail: svet.spb@compel.ru

Киев
Тел.: +38 (044) 586 5601
E-mail: svet@compel.ua





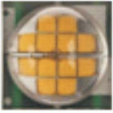

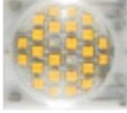
















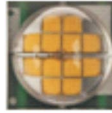



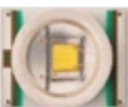


 **Компэл**
www.compel.ru

ограниченного форм-фактора аналога лампы имеются трудности с отводом избыточного тепла. Для некоторых других применений (магазины тканей, помещения для полиграфических работ и т.д.) требуются световые приборы с повышенным индексом цветопередачи (CRI, Ra).

Исходя из предъявляемых требований, компания Cree постоянно расширяет линейку выпускаемой продукции, добавляя новые серии для применения в том или ином приложении (см. табл. 1).

В настоящее время выпускаемая компанией продукция насчитывает 19 серий мощных осветительных светодиодов класса **XLamp**. Часть этой продукции уже присутствует на рынке длительное время (серии XR-C, XR-E, MC-E, MC-E Color), другая часть (серии XP-C, XP-E, XP-G, MP-L, MX-6, MX-3, MX-6S, MX-3S, ML-E, ML-B) была разработана сравнительно недавно и успела завоевать большую популярность. Третья группа светодиодов представлена новинками, которые вышли в 2011 г. К третьей части выпускаемой компанией Cree продукции

Таблица 1. Светодиоды Cree по применению

	Дискретные светодиоды	Многокристалльные сборки
<i>Внутреннее освещение</i>		
Ненаправленный свет лампы с цоколем E-типа; закарнизное освещение	 MX-6S  XP-E HEW	 CXA20
Направленный свет тип MR, PAR, Spot	 XP-G	 MT-G  MC-E  MP-L
Локальные светильники потолочные, подвесные	 MX-6  XP-E HEW	 CXA20
Равномерный свет люминесцентные лампы, панели	 ML-E  ML-B  MX-6  MX-3	
Светильники с высоким подвесом склады, магазины, промышленные помещения	 XP-G  XM-L	 CXA20
<i>Наружное освещение</i>		
Автомобильные дороги и парковки, улицы и туннели	 XP-G  XM-L	
Освещение внешних поверхностей стены	 MX-6  XP-E HEW	 CXA20
Ландшафтное освещение	 ML-E	 MT-G  MC-E
<i>Портативные светотехнические изделия</i>		
Широкого потребления	 ML-E  XP-E	
Высшего класса	 XR-E  XP-G  XP-E	

относятся серии светодиодов XM-L, XP-E HEW, XT-E, MT-G, CXA2011.

Не секрет, что на этапе изготовления светодиодов каждый производитель осуществляет их биннинг (сортировку) по основным параметрам (световой поток, цветовая температура).

Светодиодная продукция Cree характеризуется узким диапазоном биннинга по световому потоку. Различия между соседними бинами составляет всего 7%, причем при заказе поставляется только один бин по этому параметру. У светодиодов других производителей, как правило, более широкий диапазон, или в поставке присутствует несколько бинов.

Система биннинга Cree по цветовой температуре и качеству света наиболее адаптирована к применению светодиодов в различных приложениях, таких как внутреннее освещение, освещение с повышенными требованиями к цветоразличению и наружное освещение.

Для внутреннего освещения помещений рекомендуется использовать светодиоды с биннингом по стандарту ANSI C78.377A-2008. Компания Cree была первой из производителей, кто перевел биннинг всей выпускаемой светодиодной продукции в соответствии с рекомендациями данного стандарта.

Этот стандарт был специально разработан для биннинга светодиодов. В документе указаны рекомендуемые цветовые характеристики светильников, выполненных на основе светодиодов, их соответствие стандартным цветовым температурам компактных люминесцентных ламп (КЛЛ), и определены области координат цветности для конкретного значения цветовой температуры 7-шаговыми эллипсами Мак-Адама (см. рис. 2). Проще говоря, стандарт ANSI C78.377A-2008 «привязал» область цветных координат светодиодов к области цветных координат компактных люминесцентных ламп для заданной цветовой температуры.

Что такое эллипсы Мак-Адама? Эллипсы названы по имени их определившего человека. Они ограничивают область координат на хроматической диаграмме X-Y (МКО), где человеческий глаз воспринимает цвета одинаково (см. рис. 3). Шаг Мак-Адама соответствует среднегеометрическому изменению координат u', v' на 0,001 на хроматической диаграмме $u'-v'$ (круг). При переходе от координатной плоскости X-Y к $u'-v'$ эллипсы Мак-Адама становятся кругами (см. рис. 4—5).

Области координат цветности, определяемые стандартом ANSI, представляют собой 7-шаговые эллипсы

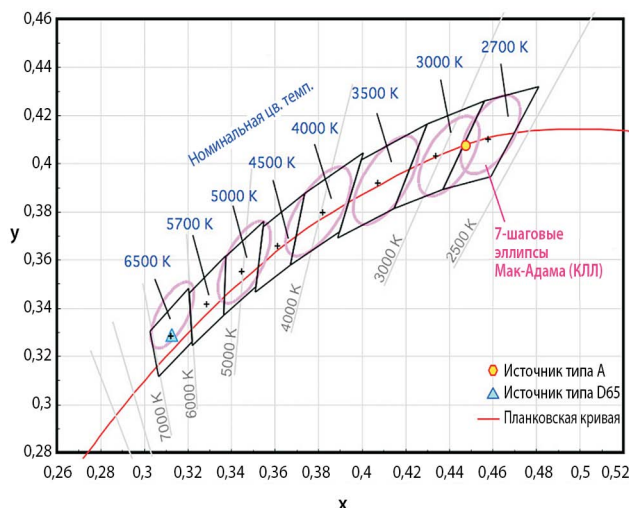


Рис. 2. Хроматическая диаграмма

Мак-Адама. У источников света с координатами цветности в этом диапазоне заметна разница в цветовой температуре. Например, можно заметить, что свет компактных люминесцентных ламп с одинаковым значением цветовой температуры, но разных производителей, имеет разный оттенок. Граница различимости цветности для среднестатистического человека — 3-шаговая область Мак-Адама. Поэтому компания Cree осуществляет бинровку светодиодов по стандарту ANSI, но с более мелким шагом (подбин) сводя ее к области 3–4-шагового эллипса. В нейтральном белом цвете область, ограниченная стандартом ANSI, разбивается дополнительно на четыре части, а в области теплого цвета, где чувствительность глаза более высокая, — на 16 частей. Причем, при поставке светодиодов в каждой упаковке находится только один подбин. Если использовать в изделии светодиоды одного подбина, то разница в цвете свечения светодиодов незаметна.

В приложениях, где требуется иметь максимальную повторяемость от изделия к изделию по цветовой температуре независимо от партии поставки (аналоги галогенных ламп, локальные светильники и т.д.) и нет желания вникать в стандартную бинровку, можно использовать многокристальные светодиоды, изготовленные по технологии EasyWhite. В многокристальных светодиодах, изготовленных по технологии EasyWhite, кристаллы

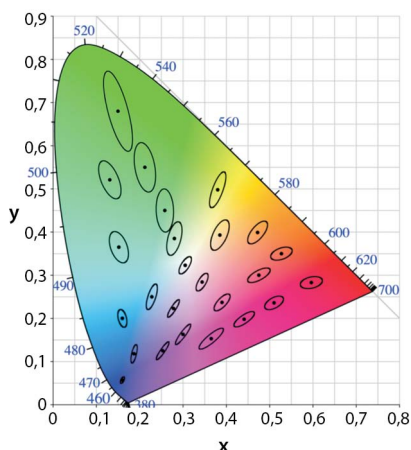


Рис. 3. Хроматическая диаграмма x-y с эллипсами Мак-Адама

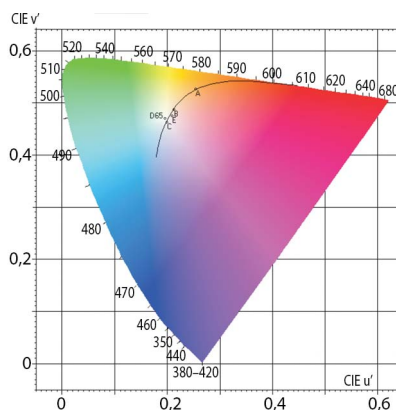


Рис. 4. Хроматическая диаграмма u'-v'

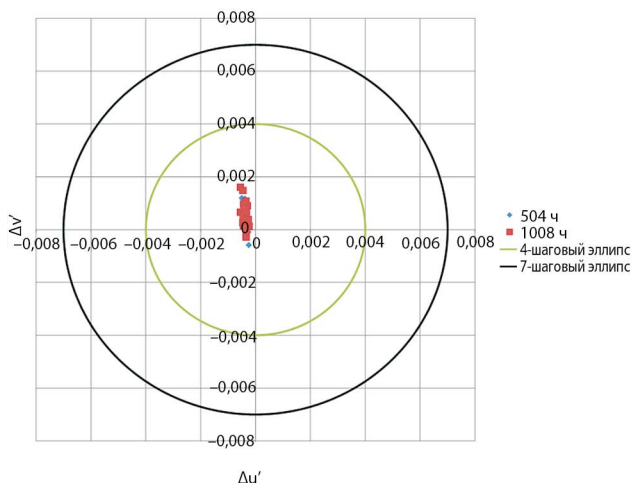


Рис. 5. Круг Мак-Адама на плоскости $u'-v'$

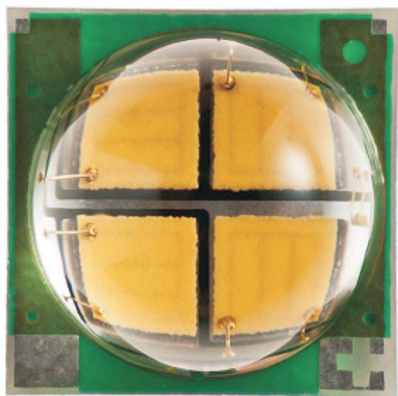


Рис. 6. Светодиод серии XM-L EZW

подбираются таким образом, чтобы результирующая цветовая температура имела требуемое значение с определенной точностью. Как правило, светодиоды по данной технологии имеют фиксированные значения цветовой температуры 2700, 3000, 3500, 4000 К с точностью установки цветовых координат, соответствующей 4- или 2-шаговой области эллипсов Мак-Адама. Светодиоды, изготовленные с использованием технологии EasyWhite, можно найти среди следующих серий: MC-E, MP-L, MT-G, XM-L, CXA2011. В обозначении они имеют буквенный код EZW (кроме CXA2011) — например, MTGEZW. Точность установки цветовых координат при заказе светодиодов также определяется буквенным индексом в конце наименования:

- MTGEZW-00-0000-0B00F035H — 2-шаговый эллипс Мак-Адама;
- MPLEZW-A1-0000-0000B027F — 4-шаговый эллипс Мак-Адама;
- CXA2011-0000-000P00G027H — 2-шаговый эллипс Мак-Адама;

Технология EasyWhite значительно упрощает производителям осветительных приборов выбор светодиодов для своих изделий. Заказывая светодиоды с определенным значением цветовой температуры, потребитель может быть уверенным, что он получит именно требуемое значение цветовой температуры, и она не будет зависеть от партии поставки.

Биновка EasyWhite оказалась настолько удачной, что компания Cree стала изготавливать некоторые изначально однокристалльные светодиоды по данной технологии. Для

этого в корпус светодиода устанавливается несколько кристаллов меньшего размера, которые подбираются определенным образом. Так, например, на свет появился светодиод XM-L EZW (см. рис. 6), который с успехом можно применять в аналогах галогенных ламп и локальных светильниках.

СВЕТОДИОДЫ С ПОВЫШЕННЫМ ИНДЕКСОМ ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ

Увеличение светового потока светодиода и увеличение эффективности — это путь повышения количественных показателей, но имеются еще и качественные показатели, о которых также не следует забывать, если речь идет о внутреннем освещении.

Большое значение светового потока является необходимым условием хорошего светодиода, но отнюдь не достаточным. К основным качественным характеристикам источника света можно отнести индекс цветопередачи (R_a , CRI) и цветовую температуру, определяющиеся спектральным составом излучения.

Индекс цветопередачи отражает качество воспроизведения цветовых оттенков освещаемых объектов. Чем больше значение R_a ($\max = 100$), тем естественнее выглядят цвета при освещении данным источником света. Самая хорошая цветопередача — у ламп накаливания и галогенных ламп ($R_a = 100$). Широко распространенные люминесцентные лампы имеют индекс цветопередачи 60—80 а специальные 5-люминофорные — до 98.

Цветовая температура определяет цветовой оттенок белого источника света и может варьироваться от теплого белого (менее 3500 К) до холодного белого (более 5300 К). Диапазон цветовой температуры 3500—5300 К считается нейтральным. Цветность источника света оказывает определенное психофизиологическое воздействие на человека. Так, теплый свет создает спокойную расслабляющую атмосферу и в основном используется для освещения в квартирах. Холодный свет оказывает стимулирующее воздействие, его применение оправдано, например, в магазинах. Галогенные источники света дают только теплый свет. Наибольшее количество вариантов цветовой температуры имеют люминесцентные лампы — 2700...6500 К.

Необходимый спектральный состав источников света для освещения жилых и общественных зданий в зависимости от требований к цветоразличению приведен в своде правил СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».

Для освещения помещений, где нормируется индекс цветопередачи, компания Cree ввела для светодиодов некоторых серий дополнительную сортировку по этому параметру, и теперь имеется возможность заказать светодиоды с требуемым индексом цветопередачи. Изменения произошли с наиболее популярными сериями светодиодов XP-E, XP-E HEW, XP-G, MX-6 и XM-L EZW. Информация об индексе цветопередачи заложена в специальном коде, по которому осуществляется заказ светодиодов. Ниже приведено обозначение этого кода с нормируемым параметром R_a на примере светодиодов семейства XP:

- XPxWHT — L1 — xxxx — xxxxx R_a — не нормируется;
- XPxWHT — H1 — xxxx — xxxxx $R_a > 80$;
- XPxWHT — P1 — xxxx — xxxxx $R_a > 85$;
- XPxWHT — U1 — xxxx — xxxxx $R_a > 90$.

Обратившись к таблице 1, можно заметить, что для внутреннего освещения компания Cree позиционирует светодиоды определенных серий — MX-6, ML-E/B, XP-E HEW, CXA2011, MT-G. Рассмотрим подробнее эти серии светодиодов.



Рис. 7. Внешний вид и светодиода MX6



Рис. 8. Внешний вид светодиода ML-E/V

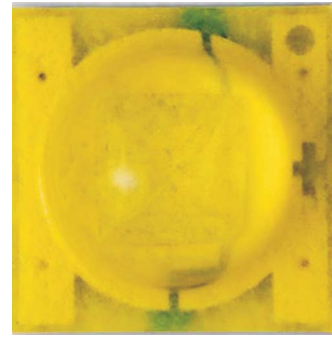


Рис. 9. Светодиод серии XP-E HEW

СЕРИИ СВЕТОДИОДОВ CREE MX-6, ML-E/V ДЛЯ ЗАМЕНЫ ЛИНЕЙНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Данные серии светодиодов обладают наиболее оптимальными конструктивными и фотометрическими параметрами для использования в светильниках, заменяющих существующие светильники и выполненные на люминесцентных лампах T5, T8.

Светодиоды серий MX-6 мощностью 1 Вт имеют увеличенный размер светоизлучающей поверхности, что обеспечивает хорошую равномерность засветки, используя в светильнике «призматический» рассеиватель с минимальными потерями светового потока.

Серии светодиодов ML-E/V мощностью 0,25–0,5 Вт, выполненные в корпусе меньшего размера и обладающие пониженным световым потоком, позволяют устанавливать их в светильник с меньшим шагом, что еще улучшает равномерность засветки поверхности. Установка в светильник источников света с небольшим шагом позволяет минимизировать и такой неприятный эффект, как множественные полутени.

Основные параметры светодиодов приведены в таблицах 2–3, а внешний вид — на рисунках 7–8.

Все светодиоды изготавливаются в корпусе для поверхностного монтажа и имеют теплоотводящую электрически изолированную площадку, которую, для отвода тепла, требуется припаивать к печатной плате.

Отличительной особенностью данных серий светодиодов является хорошее значение светоотдачи и низкое тепловое сопротивление. Одна из основных составляющих, которая влияет на стоимость светодиода, — это стоимость кристалла. Поэтому заманчивой становится возможность получить с кристалла одной и той же площади максимум света, что достигается различными методами. Компания Cree, взяв за основу кристалл светодиода XP-E с относительно невысокой стоимостью и хорошей эффективностью, попыталась «выжать» из него максимум света. Для этого пришлось выполнить специальную огранку кристалла по примеру огранки бриллианта, т.е. увеличить площадь, с которой выходит свет. На рисунке 9 видны две диагонали, проходящие по кристаллу, — это и есть

Таблица 2. Основные параметры светодиодов ML-E/V

Цвет	ML-E (0,5 Вт)		ML-V (0,25 Вт)	
	Холодный белый	Теплый белый	Холодный белый	Теплый белый
Цветовая температура, К	8300–4300	4300–2600	8300–4300	4300–2600
Тепловое сопротивление, °C/Вт	11	11	25	25
Угол обзора, °	120	120	120	120
Прямое падение напряжения (тип.), В	3,2 (при 150 мА)	3,2 (при 150 мА)	3,2 (при 80 мА)	3,2 (при 80 мА)
Световой поток (при токе 150 мА/80 мА), лм	54	42	28	22
CRI (тип.)	75	80	75	80
Максимальный ток, мА	500	500	175	175

Таблица 3. Основные параметры светодиодов MX-6

Цвет	MX-6	
	Холодный белый	Теплый белый
Цветовая температура (К)	8300–4300	4300–2600
Тепловое сопротивление, °C/Вт	5	5
Угол обзора, °	120	120
Прямое падение напряжения (тип.), В	3,3 (при 300 мА)	3,3 (при 300 мА)
Световой поток, лм (при токе 300 мА)	107	94
CRI (тип.)	75	80
Максимальный ток, мА	1000	1000

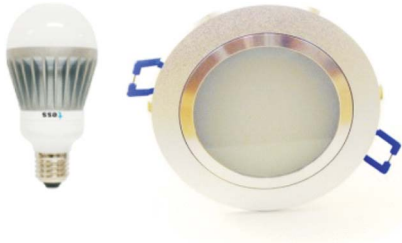


Рис. 10. Пример использования светодиода серии XP-E HEW

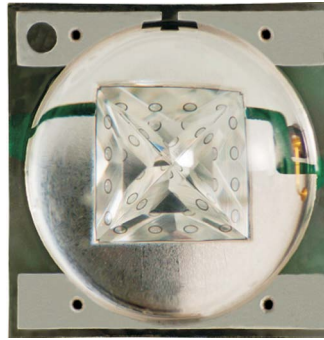


Рис. 11. Светодиод серии XT-E

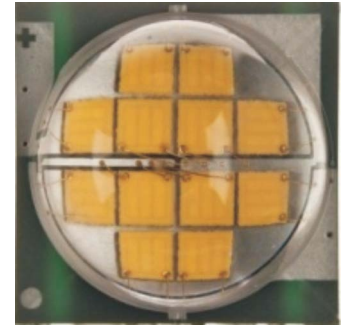


Рис. 12. Внешний вид и габаритные размеры светодиода MT-G

то основное изменение, которому подвергся светодиод серии XP-E, превратившись в светодиод серии XP-E HEW (High Efficiency White — высокоэффективный белый).

СЕРИЯ XP-E HEW С ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ, БЛИЗКОЙ К СЕРИИ XP-G, А СТОИМОСТЬЮ НИЖЕ XP-E

Светодиоды серии XP-E HEW обладают количественными параметрами, близкими к параметрам светодиодов серии XP-G при значительно более низкой стоимости. Основные параметры светодиода приведены в таблице 4.

Но не все так просто. После огранки кристалла стало сложно нанести на его поверхность люминофор с требуемой равномерностью. В результате светодиод при свечении имеет существенный градиент цветовой температуры по пятну света, который усиливается, если применить вторичную оптику (линзы). Выход из положения был найден. Этот светодиод прекрасно подходит для применений с матовым диффузным рассеивателем. На рисунке 10 изображен пример использования светодиода.

Используя диффузный рассеиватель, можно получить засветку с хорошей равномерностью цветовой температуры. Конечно, часть света неизбежно теряется в этом рассеивателе, но, учитывая начальную высокую эффективность и низкую стоимость светодиода, эти потери оправданы. Применение этого светодиода позволяет получить светящуюся поверхность достаточно большой площади, что исключает неприятный эффект ослепления, присущий открытым светодиодам.

Ослепляющий эффект также можно полностью исключить, если использовать при изготовлении осветительного прибора технологию удаленного люминофора.

Люминофор наносится на светоизлучающую поверхность осветительного прибора, а облучение люминофора происходит светодиодами синего цвета, расположенными на некотором удалении от поверхности. В этом случае увеличивается площадь светоизлучающей поверхности по сравнению со светоизлучающей площадью светодиода, и эффект ослепления отсутствует. Для подобных систем компания Cree выпускает серию эффективных светодиодов синего цвета XT-E. По сути, XT-E — это XP-E HEW, но без люминофора (см. рис. 11). Основные параметры светодиода XT-E приведены в таблице 5. Стоит заметить, что этот светодиод, как и другие новые серии светодиодов, бинует уже при температуре кристалла 85°C.

Для изготовления световых приборов, соответствующих галогенным лампам в формате MR16, компания Cree освоила серийный выпуск многокристалльных светодиодов MT-G.

MT-G — СЕРИЯ СВЕТОДИОДОВ ДЛЯ ЭКВИВАЛЕНТА ГАЛОГЕННОЙ ЛАМПЫ MR16 НА 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, имеют невысокую эффективность (15—20 лм/Вт). Выгодным, с точки зрения эффективности и температуры, ока-

Таблица 4. Основные характеристики XP-E HEW

Цвет	Холодный	Нейтральный	Теплый
Ток, максимальный, мА	1000		
Световой поток (при 350 мА), лм	139	122	114
Тепловое сопротивление, °C/Вт	6		
Угол излучения, °	115		
Прямое падение напряжения (тип.) при 350 мА, В	3,2		

Таблица 5. Основные характеристики XT-E

Диапазон длин волн, нм	450–465		
Максимальный ток, мА	1000		
Мощность излучения (Tj=85°C/350 мА), мВт	475	500	
Тепловое сопротивление, °C/Вт	5		
Угол излучения, °	140		
Прямое падение напряжения (тип.) при 350 мА, В	2,85		

Таблица 6. Основные характеристики MT-G

Цветовая температура, К	2700	3000	3500	4000
Световой поток (при 1100/185* мА), лм	480	520	520	560
Ток, максимальный, мА	4000/700*			
Тепловое сопротивление, °С/Вт	1,5			
Угол излучения, °	120			
Прямое падение напряжения для 6-В версии (тип.) при 1100 мА, В	5,6			
Прямое падение напряжения для 36 В версии (тип.) при 185 мА, В	33,5			

* для 36-В версии

зывается замена лампы на ее светодиодный аналог. Существующие до настоящего времени светодиоды, по разным причинам, не являлись оптимальными для данного применения.

С выходом светодиода MT-G проблема получения требуемого светового потока при ограниченных размерах была устранена.

Светодиод имеет размеры корпуса 9,1×9,1×4,9 мм и диаметр линзы 8 мм — оптимальный для рефлектора MR16. Как и все светодиоды класса XLamp, у него электрически нейтральная подложка (см. рис. 12). Основные характеристики светодиода серии MT-G приведены в таблице 6. Светодиоды изготавливаются на фиксированные значения цветовой температуры (2700, 3000, 3500, 4000 К) по технологии EasyWhite.

При токе 1500 мА светодиод обеспечивает до 730 лм (важно: при температуре кристалла 85°C) имея при этом эффективность ~ 85лм/Вт. Это большой световой поток и значительно лучшая эффективность, чем у галогенной лампы мощностью 50Вт. Подводимая мощность к светодиоду составляет всего 9 Вт. Биннинг светодиодов осуществляется при температуре кристалла 85°C.

Светодиод MT-G выпускается в двух версиях, отличающихся прямым падением напряжения: 6-В версия (последовательно-параллельное соединение кристаллов) и 36-В версия (последовательное соединение кристаллов). Светодиоды на 6 В ориентированы, в первую очередь, для изготовления аналогов обычных 12-В галогенных ламп, а 36-В светодиоды ориентированы для приложений с высоким питающим напряжением и повышенным общим КПД (например, сеть 220 В/50 Гц). Известно, что чем меньше разница между входным и выходным напряжением источника питания и ниже потребляемый ток, тем выше КПД этого источника.

Различие между версиями определяется символом в обозначении:

- **MTGEZW-00-0000-0B00F027H** — 6-В версия; 2-шаговый эллипс Мак-Адама;
- **MTGEZW-00-0000-0N00F027H** — 36-В версия; 2-шаговый эллипс Мак-Адама;
- **MTGEZW-00-0000-0B00F027F** — 6-В версия; 4-шаговый эллипс Мак-Адама;
- **MTGEZW-00-0000-0N00F027F** — 36-В версия; 4-шаговый эллипс Мак-Адама.

Финская компания LEDIL OY, известный производитель вторичной оптики для светодиодов, имеет в линейке своей продукции отрагатель (рефлектор) для светодиода MT-G. Это модель C11862_Minnie-W-MTG. Диаграмма направленности данного рефлектора соответствует диаграмме направленности обычной галогенной лампы MR16 с углом 36°.

В качестве основного света в помещениях широко используются светильники направленного света (локальные светильники). Перспективным источником света для



Рис. 13. Внешний вид CXA2011

них является новинка продукции компании Cree — многокристальный светодиод CXA2011.

СВЕТОДИОД CXA2011 ДЛЯ СВЕТИЛЬНИКОВ НАНАПРАВЛЕННОГО И НАПРАВЛЕННОГО СВЕТА

Номенклатура выпускаемых светильников характеризуется большим диапазоном мощностей и, соответственно, светового потока. Выпускаемый компанией Cree светодиод CXA2011 способен перекрыть по световому потоку значительную часть этого диапазона, при этом весь свет генерируется только одним источником света. Диапазон рабочего тока светодиода составляет 270—1000 мА. Диапазон мощности — 11...47 Вт, световой поток при максимальной мощности достигает **3000 лм** (в цветовой температуре 5000 К). Биннинг светодиодов осуществляется на токе 270 мА (подводимая мощность около 11 Вт) и температуре кристалла 85°C.

Светодиод CXA2011 изготавливается на алюминиевом основании размером 22×22 мм (см. рис. 13).

Поскольку кристаллы находятся на алюминиевом основании, то лучше оказывается отвод тепла от кристаллов по сравнению с керамическим основанием. Тепловое сопротивление кристалл-подложка составляет всего 0,4°C/Вт. У керамического основания имеется недостаток — оно хрупкое. Если при монтаже светодиода происходит некоторый перекокс, то керамическое основание трескается. Алюминиевое основание лишено этого недостатка.

Для монтажа этого светодиода не требуется инфракрасная печь, достаточно обычной паяльной станции.

Биннинг светодиодов CXA2011 по цветовой температуре осуществляется по стандарту ANSI C78.377A. Часть светодиодов выпускается на фиксированные значения цветовой температуры по технологии EasyWhite: **2700, 3000, 3500, 4000, 5000 К**. Точность установки координат цветности соответствует 2- или 4-шаговому эллипсу Мак-Адама.