

Сергей Миронов (КОМПЭЛ)

ДА БУДЕТ CREE! – СВЕТОДИОДЫ CREE ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО И НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ



Линейка **светодиодов CREE** постоянно расширяется и перекрывает практически весь диапазон: **от декоративной подсветки до наружного освещения**, и для каждого — есть оптимальное решение. Среди выпускаемой номенклатуры выделяются несколько серий светодиодов, являющихся настоящими хитами: **XM-L**, **MX-6** и **CXA2011**.



Для качественного решения различных задач светодиодного освещения производителям осветительных устройств необходимо иметь возможность выбора светодиодов, наиболее полно отвечающих поставленным требованиям.

Для каждого приложения можно выделить ряд общих требований, наиболее оптимальных с точки зрения использования светодиода. Например, для наружного освещения важными параметрами будут величина светового потока, возможность точного управления световым пучком для формирования требуемой кривой силы света (КСС), доступность элементов вторичной оптики и эффективность. Для внутреннего — отсутствие ослепляющего эффекта, равномерность светящейся поверхности, отсутствие множественных полутеней, диапазон и точность установки координат цветности (цветовой температуры), эффективность. Для некоторых других приложений, например, для освещения помещений с повышенными требованиями к цветоразличению (магазины тканей, помещения для полиграфических работ и т.п.) требуются источники све-

та с нормированным индексом цветопередачи (CRI, Ra). Кроме того, во всех приложениях важным параметром является подтвержденный срок службы светодиода.

В выгодной ситуации оказываются те производители светодиодов, которые при разработке своей продукции отталкиваются от запросов и ожиданий рынка, а не предлагают использовать узкоограниченный набор изделий, считая это решение универсальным. И если после соответствующего исследования рынка производителю удастся разработать светодиод, точно отвечающий запросам, то эта позиция очень быстро становится популярной в своем сегменте.

Компания CREE, занимающая лидирующие позиции в отрасли на мировом рынке, разработала и серийно выпускает широкую номенклатуру продукции под общим названием **XLamp**. Линейка мощных светодиодов постоянно расширяется и в настоящий момент насчитывает 23 серии. Наличие столь широкой линейки, с одной стороны, объясняется тем, что для каждого применения должна быть своя оптимальная серия. С другой — это результат непрерыв-

ной научно-исследовательской работы по улучшению качественных и количественных показателей светодиодов. В комплексе это и позволило компании выйти в лидеры и уверенно удерживать свои позиции.

Продукция компании перекрывает практически весь диапазон, от декоративной подсветки до наружного освещения, и для каждого применения есть оптимальная серия светодиодов. Среди выпускаемой номенклатуры явно выделяются несколько серий светодиодов, являющихся настоящими хитами: **XM-L**, **MX-6** и **CXA2011**.

Серия XM-L

XM-L — светодиоды повышенной мощности с максимальной световой отдачей для наружного и промышленного освещения. Они присутствуют на рынке немногим более года и благодаря своим высоким характеристикам быстро завоевали популярность в наружном и промышленном освещении. Особенностью этой серии является повышенное значение световойдачи до 150 лм/Вт в холодном белом цвете (ток 350 мА; температура кристалла 25°C) и диапазон рабочего тока до 3000 мА. По совокупности этих

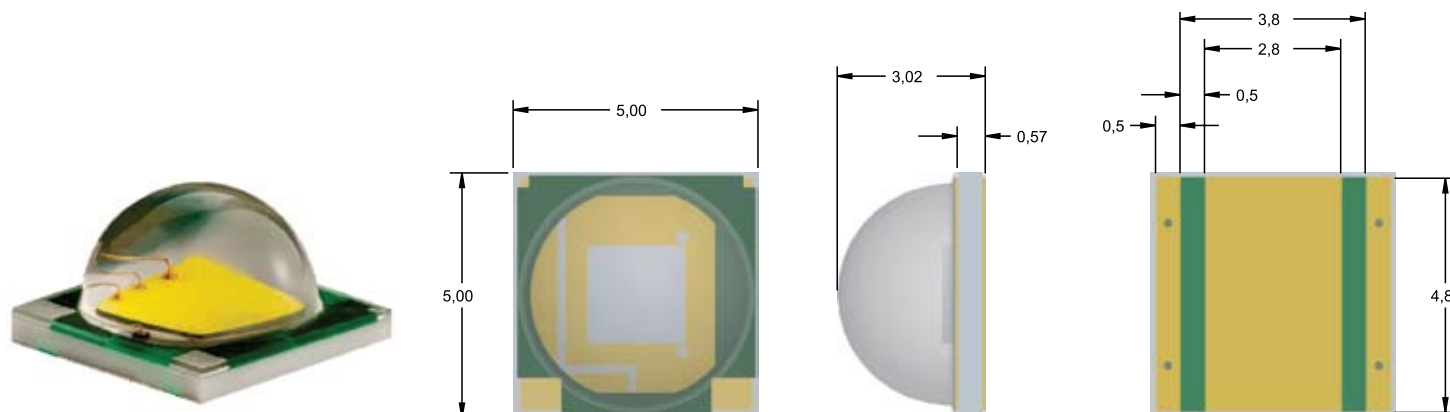
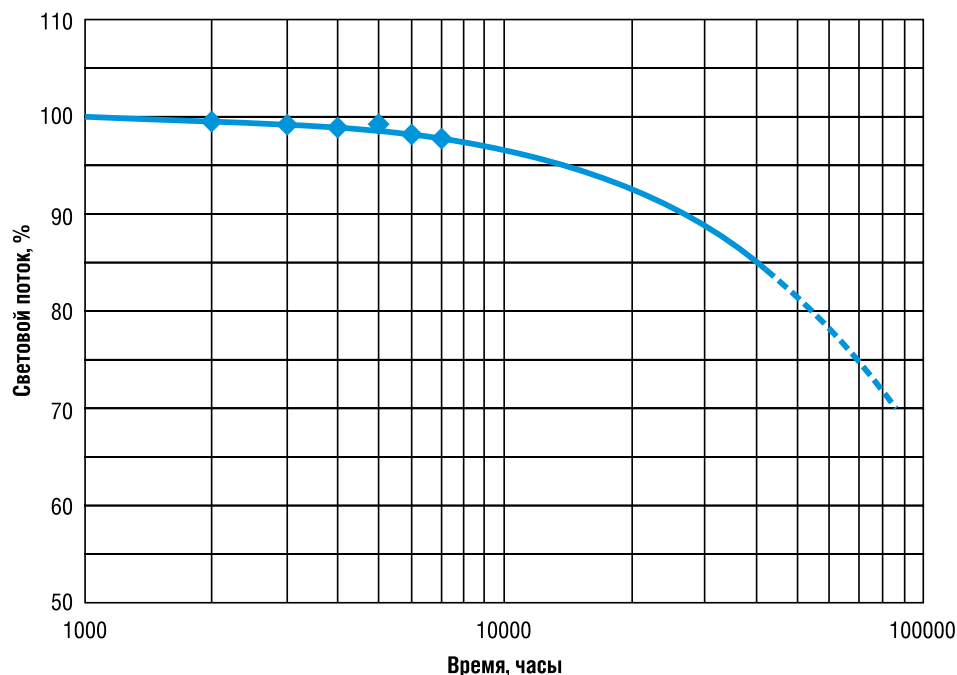


Рис. 1. Внешний вид и габаритные размеры светодиода серии XM-L

Таблица 1. Основные характеристики светодиода XM-L

Цвет	Холодный	Нейтральный	Теплый
Максимальный ток, мА	3000		
Световой поток, лм (ток 700 мА, $T_j=25^{\circ}\text{C}$)	280	280	240
Световой поток*, лм (ток 2000 мА, $T_j=85^{\circ}\text{C}$)	600	600	515
Светоотдача*, лм/Вт (ток 2000 мА, $T_j=85^{\circ}\text{C}$)	98	98	84
Световой поток*, лм (ток 3000 мА, $T_j=85^{\circ}\text{C}$)	790	790	675
Светоотдача*, лм/Вт (ток 3000 мА, $T_j=85^{\circ}\text{C}$)	83	83	72
Тепловое сопротивление, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	2,5		
Угол излучения, град.	125		
Прямое падение напряжения (тип.), В при 700 мА	2,9		

Примечание: Расчетная величина (программный продукт «PCT-калькулятор»); T_j — температура кристалла (pn-перехода) светодиода.

Рис. 2. Продолжительность срока службы светодиодов серии XM-L при $T_{sp}=85^{\circ}\text{C}/2000\text{ мА}$

параметров в настоящий момент невозможно найти аналогичное изделие среди однокристалльных светодиодов других производителей.

Светодиоды изготавливаются в керамическом симметричном корпусе (5,0х5,0х3,0 мм) для поверхностного монтажа с электрически изолированной от кристалла подложкой. Электрическая прочность изоляции, заявляемая производителем, не менее 500 В. Максимальная рабочая температура перехода кристалла может достигать 150°C (рис. 1).

В реальных световых приборах температура кристалла светодиода (T_j) будет выше 25°C ($T_j = 25^{\circ}\text{C}$ — температура биннинга), поэтому световой поток, а следовательно и светоотдача снизятся, но тем не менее будут иметь очень высокие значения (таблица 1).

Светодиоды серии XM-L применяются в первую очередь для световых приборов, заменяющих существующие светильники, выполненные на ДРЛ, металлогалогенных и натриевых лампах,

для уличного и промышленного освещения.

Стоимость наружного светодиодного светильника, а соответственно, и света в настоящий момент довольно высока. Она складывается из различных составляющих: источник питания, источник света, вторичная оптика, конструкция. Снизить ее можно, выбрав правильный режим работы светодиода. Наиболее низкая стоимость света (рубль/люмен) получается на максимальном рабочем токе светодиода, но при этом снижается его светоотдача. Учитывая повышенную рабочую температуру кристалла, снижение светоотдачи может стать существенным, если одновременно в светильнике используются элементы вторичной оптики и защитное стекло. Оптимальным режимом работы, при котором будет невысокая стоимость люмена и хорошее значение светоотдачи, можно считать режим по току не более 70% от максимального значения при температуре кристалла не выше 90°C (таблица 1). В этом случае обеспечивается необходимый запас по надежности, так как

светодиод работает с запасом по мощности, а светодиодов и, что более важно, элементов вторичной оптики требуется меньше, чем в случае, когда светодиод работает на токе биннинга.

В момент написания данной статьи компания CREE существенно снизила стоимость выпускаемой продукции, что положительным образом должно будет сказаться на увеличении ее популярности.

Для дальнейшего снижения себестоимости светильника, в большинстве случаев, желательно выбирать светодиоды не с самым максимальным значением светового потока, а с его предыдущим показателем. Как правило, светодиоды с максимальным значением светового потока имеют непропорционально высокую стоимость по сравнению со светодиодами с пониженным всего на один шаг (бин) световым потоком. Например, светодиод **XMLAWT-00-0000-0000T5053** (260 лм) имеет стоимость (в поставке от 10 тыс. шт) 101,5 руб., а XMLAWT-00-0000-0000T6053 (280 лм) — 122,1 руб. Видно, что добавка 7,5% по световому потоку и светоотдаче приводит к добавке стоимости в 20%, и это может оказаться экономически неоправданным. Конечно, при использовании светодиодов с максимальным значением светового потока светильник будет иметь, при прочих равных условиях, максимально возможную эффективность. Если задать достаточно высоким значением общей эффективности светильника, например, более 80 лм/Вт (с учетом потерь в оптических элементах и в защитном стекле), то ситуация со стоимостью светодиодов уже не столь однозначна и может оказаться обратной. Итоговая стоимость получается меньше на более дорогих светодиодах. Это еще раз подтверждает некоторую неоднозначность и сложность оптимального выбора светодиода и режима его работы.

Биннинг светодиодов серии XM-L по цветовой температуре осуществляется, как и всей другой светодиодной продукции компании CREE, по стандарту ANSI C78.377.

В настоящий момент ведущие мировые производители вторичной опти-

ки (финская компания LEDIL OY, английская компания Sarclo, тайваньская компания Ledlink и др.) имеют в своей номенклатуре линзы для серии светодиодов XM-L с возможностью формирования широкой и полуширокой КСС.

Из рисунка 2 видно, что при температуре в «точке пайки» $T_{sp}=85^{\circ}\text{C}$ и рабочем токе 2000 мА светодиод прослужит примерно 90 тыс. часов, если полученные тестовые результаты интерполировать до точки снижения светового потока до 70%. Однако, принимая во внимание условия методики испытаний светодиодов LM-80/TM-21, гарантировать срок службы можно лишь на период, не превышающий шести периодов наблюдения. На сегодняшний день светодиоды серии XM-L непрерывно наблюдаются в течение 7000 часов, следовательно, гарантированный (по методике LM-80/TM-21) ресурс работы данной серии в указанном режиме работы не менее 42 тыс. час. О методике испытаний светодиодов LM-80/TM-21 вы сможете прочитать в одном из следующих номеров журнала.

Стоимость люмена на светодиоде XMLAWT-00-0000-0000T5053 в зависимости от режима его работы (1500...2000 мА; $T_j=85^{\circ}\text{C}$) имеет весьма низкое значение и находится в диапазоне 25...18 копеек за люмен, при этом сохраняется очень высокое значение светотдачи 100...91 лм/Вт.

Высокое значение светотдачи и светового потока, низкая стоимость света, большой выбор производителей элементов вторичной оптики, длительный срок службы и высокая надежность позволили серии XM-L стать очень популярной в наружном и промышленном освещении за короткий срок.

Принимая во внимание технические характеристики и оптимальный режим работы светодиода, для его питания требуются источники с достаточно большим выходным током — 1,5...2,0 А и выше. Источники питания с подобными характеристиками можно найти в линейке известных производителей: **Inventronics**, **Mean Well** и др.

Серия MX-6

MX-6 — серия светодиодов для замены люминесцентных светильников. Один из основных сегментов рынка внутреннего светодиодного освещения — это изготовление светильников для подвесного потолка типа «Армстронг» 600х600 мм. Для подобных светильников компания CREE с осени 2009 года выпускает светодиоды серии MX-6, пользующиеся повышенным спросом. Данная серия обладает наиболее оптимальными конструктивными и фотометрическими параметрами для использования в осветительных приборах, заменяющих существующие светильники на люминесцентных лампах T5, T8.

Таблица 2. Основные параметры светодиодов серии MX-6

Цвет	Холодный белый	Теплый белый
Цветовая температура (К)	8300...4300	4300...2600
Тепловое сопротивление, $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$	5	
Угол обзора	120 $^{\circ}$	
Прямое падение напряжения (тип.), В	3,3 (при 300 мА)	
Световой поток, лм (при токе 300 мА)	114	94
Световой поток*, лм (при токе 350 мА)	130	107
CRI (тип.)	75	80
Максимальный ток, мА	1000	

Примечание: Расчетная величина (программный продукт «PCT-калькулятор»).

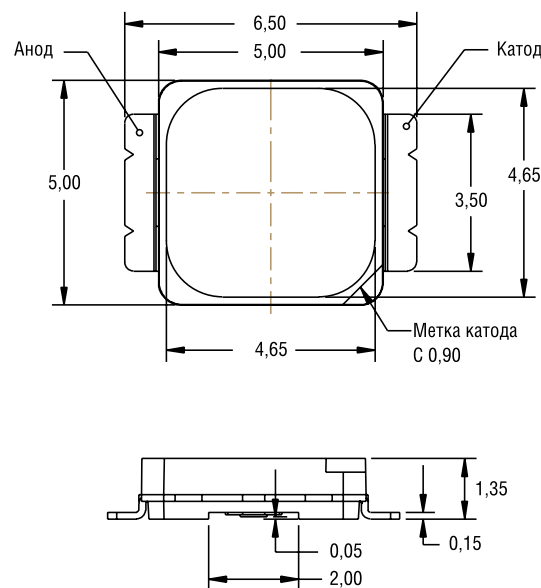


Рис. 3. Внешний вид и габаритные размеры светодиода серии MX-6

Светодиоды серии MX-6 имеют увеличенный размер светоизлучающей поверхности, что позволяет получить хорошую равномерность засветки при использовании в светильнике «призматического» рассеивателя с минимальными потерями светового потока.

Внешний вид и основные параметры светодиодов серии MX-6 приведены на рисунке 3 и в таблице 2, соответственно.

Важно! Необходимо обратить внимание на ток биннинга этой серии светодиодов — 300 мА — при максимальном рабочем токе до 1000 мА, хотя подобные светодиоды биннуются при токе 350 мА. Такая особенность сложилась исторически. Тем не менее, рабочий ток для данного светодиода в изделии, как правило, выбирают равным 350 мА. Тогда реальный световой поток увеличивается на 14%, т.е. изначально светодиод, имеющий 100 лм (при $T_j=25^{\circ}\text{C}$), на токе биннинга в светильнике способен обеспечить световой поток на уровне 114 лм (при $T_j=25^{\circ}\text{C}$) при токе 350 мА. Это обязательно нужно учитывать при сопоставлении этих серий с другими светодиодами.

Отличительной особенностью данной серии является хорошее значение

светотдачи и низкое тепловое сопротивление.

Наибольшей популярностью пользуется **MX6AWT-A1-0000-000CB1** (100/114 лм, 4300...5300K), обладающий лучшим значением стоимости люмена в области нейтрального белого цвета среди остальных светодиодов этой серии. Можно рассчитать, сколько потребуется таких светодиодов в светильник, аналогичный люминесцентному для подвесного потолка типа «Армстронг» 4х18 Вт. Зададим исходные данные:

- Световой поток на выходе не менее 2900 лм;
- Потери в призматическом рассеивателе 10%;
- Температура в «точке пайки» 55 $^{\circ}\text{C}$.

Для расчета воспользуемся специальной программой «PCT-калькулятор» расположенной по адресу <http://www.compel.ru/for designers/calculators>. Результат расчета приведен на рис. 4.

По результатам расчета имеем: в нашем случае потребуется 32 светодиода на токе 350 мА; эффективность светильника (без учета КПД источника питания) будет около 81 лм/Вт; подводимая

Compare: SYS lm tot SYS lm/W SYS W SYS # LED				
System: Target Lumens : 2 900 Op				
Current (A)	LED 1			
	Model	Cree XLamp MX-6 {CW/WW}		
	Flux	Q4 [100]	100.0	
	Price	\$ -	Tsp (°C)	55
LED Multiple x1				
	SYS lm tot	SYS lm/W	SYS W	SYS # LED
0.100	2928.6	105.7	27.7	98
0.150	2917.9	99.4	29.36	67
0.200	2950.9	94.2	31.34	52
0.250	2917.1	89.6	32.56	42
0.300	2940.9	85.5	34.4	36
0.350	2989.8	81.8	36.56	32
0.400	2931.6	78.4	37.41	28
0.450	3002	75.2	39.92	26
0.500	3019	72.3	41.76	24
0.550	2983.6	69.6	42.88	22
0.600	3044.7	67.1	45.4	21
0.650	2923.9	64.7	45.2	19
0.700	2921.1	62.5	46.77	18
0.750	3064.1	60.4	50.76	18
0.800	3022	58.4	51.74	17
0.850	2956.9	56.5	52.29	16
0.900	3062.5	54.8	55.89	16
0.950	2963.4	53.1	55.78	15
1.000	3049.2	51.6	59.15	15

Рис. 4. Результат расчета количества светодиодов

к светодиодам мощность составит не более 37 Вт. Поскольку максимальный рабочий ток данной серии достигает значения 1000 мА, эти светодиоды можно успешно использовать на повышенном токе, например, 500...700 мА. В этом случае их потребуется уже меньше (24 или 18 шт.), но и эффективность будет ниже, и, возможно, ухудшится эстетика светильника (малое количество светящихся точек на большой площади). Учитывая эти нюансы, светодиоды серии MX-6 чаще используют на токе 350 мА. В этом случае под светодиод можно использовать не алюминиевую,

а стеклотекстолитовую печатную плату, имеющую низкую стоимость.

На рисунке 5 показана деградация светодиодов серии MX-6 на повышенном рабочем токе 600 мА при различных значениях температуры в «точке пайки».

В правильно спроектированном светодиодном светильнике для подвесного потолка типа «Армстронг» значение температуры в «точке пайки», как правило, не превышает 55°C. Из рис. 5 следует, что при такой температуре и повышенном токе (600 мА) срок службы светодиодов составит не менее 60 тыс. часов.

Учитывая ограничения методики LM-80/TM-21 (гарантированный срок — не более шести периодов наблюдения), можно смело гарантировать срок службы данной серии светодиодов не менее 36 тыс. часов (период непрерывного наблюдения 6000 час).

Светодиоды серии MX-6 выпускаются уже более двух лет и за это время на практике доказали свою надежность и долговечность в реальных условиях эксплуатации в различных изделиях.

Для освещения помещений с требованиями к цветоразличению светодиоды серии MX-6 можно заказывать с гарантированным индексом цветопередачи не ниже 80. В этом случае в обозначении светодиода меняется один символ, например:

- **MX6AWT-A1-0000-000BF5** — не сортированный по индексу цветопередачи;
- **MX6AWT-H1-0000-000BF5 CRI > 80.**

Светодиоды MX6AWT-A1-0000-000CB1 (в поставках от 10 тыс. шт.) имеют невысокую стоимость — 27 руб.; на светильник, в нашем примере, это составит 864 руб., что в сочетании с хорошими техническими характеристиками способствует их очень высокой популярности.

Серия CXA2011

CXA2011 — мощный многокристальный светодиод для светильников направленного и ненаправленного света. Номенклатура выпускаемых светильников для внутреннего освещения характеризуется большим диапазоном мощностей и, соответственно, светового потока. Выпускаемая компанией CREE серия светодиодов CXA2011 перекрывает по световому потоку значительную часть этого диапазона, при этом весь необходимый свет получается при использовании в светильнике только одного источника света.

Светодиод CXA2011 изготавливается на алюминиевом основании размером 22х22 мм с отверстиями для механического крепления на радиатор (рис. 6). Поскольку для основания выбран именно алюминий, то отвод тепла от кристаллов оказался эффективней по сравнению с изделиями, в которых используется керамическое основание. Тепловое сопротивление «кристалл-основание» у серии CXA2011 составляет всего 0,4°C/Вт. Кроме того, у алюминиевого основания есть еще одно преимущество по сравнению с керамическим: отсутствие хрупкости. Если при монтаже светодиода происходит некоторый перекося, а это возможно, то керамическое основание трескается; алюминиевое же лишено этого недостатка.

Для монтажа данных светодиодов не требуется инфракрасная печь, а достаточно обычной паяльной станции, что

значительно упрощает их установку в изделие.

Максимальный рабочий ток светодиодов этой серии может иметь значение 1000 мА, при этом подводимая мощность составляет около 47 Вт, световой поток при максимальной мощности — 3000 лм (цветовая температура 5000К). Биннинг светодиодов осуществляется на токе 270 мА (подводимая мощность около 11 Вт) и, что самое важное, при температуре кристалла 85°C.

Биннинг светодиодов CXA2011 по цветовой температуре осуществляется по стандарту ANSI C78.377A. Однако часть светодиодов выпускается на фиксированные значения цветовой температуры по технологии EasyWhite: 2700, 3000, 3500, 4000 и 5000 К. Точность установки координат цветности соответствует двухшаговому или четырехшаговому эллипсу Мак-Адама.

Эллипсы Мак-Адама называются так по имени человека, их определившего, и ограничивают область координат на хроматической диаграмме X-Y (МКО) там, где человеческий глаз воспринимает цвета одинаково.

Области координат цветности, определяемые стандартом ANSI C78.377A — это примерно семишаговые эллипсы Мак-Адама. У источников света с координатами цветности, лежащими в этом диапазоне, человек может наблюдать разницу в цветовой температуре. Например, можно заметить, что компактные люминесцентные лампы с одним и тем же значением цветовой температуры, но от разных производителей светят немного по-разному (имеют разный оттенок). Граница различимости цветности для среднестатистического человека — это трехшаговая область Мак-Адама.

В приложениях, требующих максимальной повторяемости от изделия к изделию по цветовой температуре независимо от партии поставки (светильники типа «downlight» и т.п.), и в тех, где нет желания вникать в стандартный биннинг, используются многокристальные светодиоды, изготовленные по технологии EasyWhite. В них кристаллы подбираются таким образом, чтобы результирующая цветовая температура имела требуемое значение с определенной точностью. Как правило, такие светодиоды имеют фиксированные значения цветовой температуры 2700, 3000, 3500, 4000, 5000К с определенной точностью установкой цветовых координат (четыре или два шага по Мак-Адаму).

Технология EasyWhite значительно упрощает производителям осветительных приборов выбор светодиодов для своих изделий. Заказывая светодиоды с каким-то конкретным значением цветовой температуры, потребитель может быть уверен, что получит именно то, что

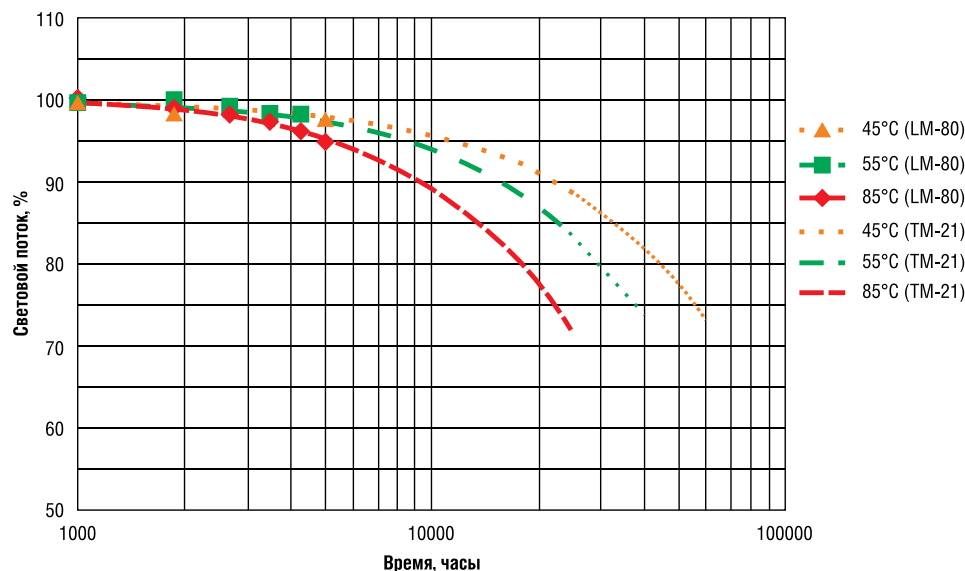


Рис. 5. Продолжительность срока службы светодиодов серии MX-6 при токе 600 мА

надо, и эта температура не будет зависеть от партии поставки.

Различие в обозначении заключается в символах, например:

- **CXA2011-0000-000P00J00E3** — биннинг по стандарту ANSI C78.377A;
- **CXA2011-0000-000P00J050H** — точность установки в диапазоне два шага Мак-Адама;
- **CXA2011-0000-000P00J050F** — точность установки в диапазоне четыре шага Мак-Адама.

По своим фотометрическим и конструктивным характеристикам серия CXA2011 оптимальна для изготовления большого класса светильников внутреннего освещения типа «downlight». Благодаря своим характеристикам, она быстро приобрела высокую популярность в этом сегменте. Наиболее популярной стала позиция **CXA2011-0000-000P00J050H** (5000К; 1040 лм; четыре шага Мак-Адама, цена 430 руб. в поставке от 100 шт.). По световому потоку данный светодиод соответствует компактной люминесцентной лампе (КЛЛ) мощностью 18 Вт (типовая светоотдача КЛЛ 60 лм/Вт). Типовой КПД светильников типа «downlight» находится в диапазоне 0,6...0,7. В светильнике она способна обеспечить световой поток не более 700 лм. Светодиоды, изначально имеющие направленный свет, в подобных светильниках используются значительно эффективней. Если задаться светоотдачей светодиода на уровне 80 лм/Вт, то его можно использовать на токе 600 мА (подводимая мощность 27 Вт), и световой поток составит 2000 лм. Это примерно соответствует светильнику «downlight» с КЛЛ 2x24 Вт. В реальности же он будет немного меньше, так как использовать 100% света даже от светодиода в светильниках такого класса практически невозможно, тем не менее, светильник на CXA2011-0000-000P00J050H



Рис. 6. Внешний вид светодиода серии CXA2011

получается относительно несложным и со значительно лучшими параметрами, чем традиционный на КЛЛ.

Основное направление деятельности компании CREE — светодиоды для освещения. Существующая на мировом рынке конкуренция среди производителей мощных осветительных светодиодов заставляет все более разрабатывать характеристики и улучшенными параметрами. Усилия компании CREE в этом направлении очередной раз увенчались успехом. Начат серийный выпуск светодиодов нового поколения со светоотдачей на уровне 130...140 лм/Вт при температуре кристалла 85°C, но стоимостью в два и более раз ниже по сравнению с уже существующими сериями. Новая продукция — это серии светодиодов **XT-E** и **XB-D**. О них пойдет речь в одном из следующих номеров журнала.

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