

# Светодиодные источники высококачественного белого света компании Sharp

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

В статье рассмотрены особенности и приведены основные параметры новых светодиодных модулей, предназначенных для осветительных приборов высокого качества.

В настоящее время подразделение Sharp Microelectronics компании Sharp внедряет новые семейства осветительных светодиодов с высоким значением индекса цветопередачи [1]. Перед тем как рассмотреть особенности новых приборов компании, кратко остановимся на некоторых вопросах, связанных с качеством освещения.

## ИНДЕКС ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ И ШКАЛА КАЧЕСТВА ЦВЕТА

При освещении объектов различными источниками света субъективное восприятие видимых цветов не одинаково. Общепринятым параметром, характеризующим уровень соответствия естественного цвета тела видимому цвету этого тела при его освещении конкретным источником света, является индекс цветопередачи CRI (Color

Rendering Index). Этот параметр рекомендован международной комиссией по освещению МКО (International Commission on Illumination, CIE), однако с его помощью не всегда возможно определить качество освещения.

Необходимость введения в осветительную практику индекса цветопередачи была вызвана тем обстоятельством, что различные типы ламп с одинаковой цветовой температурой могут передавать цвета по-разному. Для вычисления CRI какого-либо источника света фиксируются сдвиги 8 или 14 эталонных цветов, указанных в стандарте DIN6169, которые наблюдаются при направлении тестируемого источника света на эталонные цвета. Значение индекса цветопередачи, рассчитанное как среднее арифметическое соответствующих индексов R1 – R8,



Рис. 1. Эталонные цвета по стандарту D16169

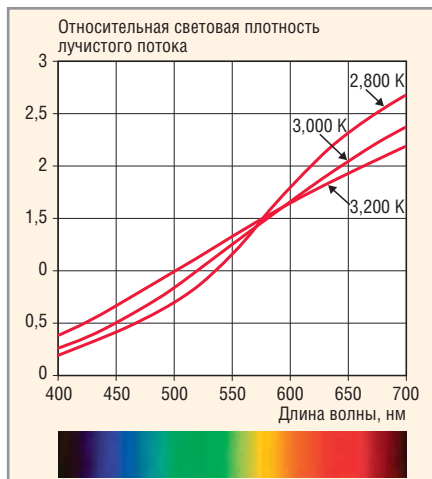


Рис. 2. Спектры излучения ламп накаливания

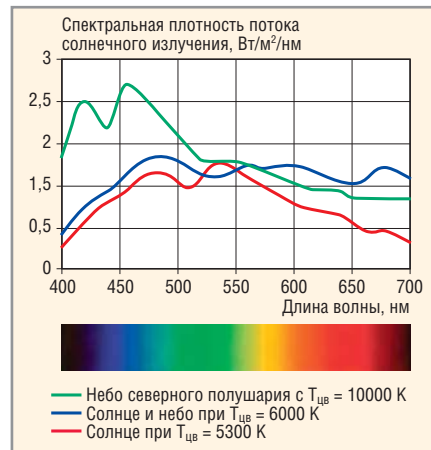


Рис. 3. Спектры солнечного излучения

$R_a$	Цветопередача различных люминофоров
>90 1 A	LUMILUX® DE LUX [Color swatches: Red, Green, Blue]
80–90 1 B	LUMILUX® [Color swatches: Orange, Green, Purple]
<90 1 A, 2 B, 3	BASIC [Color swatches: Orange, Green, Purple]

Рис. 4. Цветопередача ламп с различными люминофорами

МКО рекомендует называть термином General Color Rendering Index, или  $R_a$ ; в технической документации производителей источников света этот параметр часто называют CRI.

Предполагается, что источник света с  $R_a = 100$  излучает свет, оптимально отображающий все видимые цвета. На рисунке 1 приведены эталонные цвета по стандарту DIN6169 и их оригинальные названия. Варианты переводов названий цветов: 1 (индекс R1) – цвет лепестков увядшей розы, 2 (R2) – горчишно-жёлтый, 3 (R3) – жёлто-зелёный, 4 (R4) – фисташковый (грязновато-зелёный), 5 (R5) – бирюзовый, 6 (R6) – лазурный (небесно-голубой), 7 (R7) – цвет фиолетовой астры, 8 (R8) – сиреневый, 9 (R9) – насыщенный красный, 10 (R10) – насыщенный жёлтый, 11 (R11) – насыщенный зелёный, 12 (R12) – насыщенный синий, 13 (R13) – телесный, 14 (R14) – цвет хлорофилла (тёмно-зелёный).

Индекс цветопередачи  $R_a$  рассчитывается по методике, предложенной МКО и учитывающей сдвиги (отклонения) единичных индексов R1 – R8. Следует отметить, что индекс цветопередачи и у ламп накаливания, и у неба северного полушария считается равным 100, однако при освещении лампами накаливания трудно отличить оттенки синего цвета (объекты выглядят близкими к чёрному цвету), а при свете неба с  $T_{цв} = 7500\text{ K}$  трудно различаются оттенки красного цвета. На рисунке 2 показаны спектральные распределения цветов ламп накаливания, на рисунке 3 – дневного света в солнечные и пасмурные дни [2].

Индекс цветопередачи много лет используется для сравнения качества освещения ламп накаливания, люминесцентных ламп и разрядных ламп высокого давления. На рисунке 4 показаны видимые цвета образцов, освещаемых люминесцентными лампами с различными CRI. Однако МКО решила, что  $R_a$  не может исчерпывающим образом характеризовать качество света белых светодиодов [3]. Выводы комиссии основаны на фундаментальных исследованиях и экспериментах, показывающих, что наблюдатели оце-

нивают качество светодиодного освещения выше, чем можно ожидать, исходя из расчётных значений  $R_a$ . В частности, некоторые белые люминофорные и RGB-светодиоды имеют индекс цветопередачи не более 20, однако такой свет кажется людям более привлекательным. Такое несоответствие обусловлено методикой измерения  $R_a$ , учитывающей только восемь ненасыщенных цветов, которые трудно исказить при освещении разными источниками света. Поэтому МКО внесла ряд изменений в методики измерения CRI, рекомендовав использовать 14 эталонных цветов по стандарту DIN6169. В результате использования этих рекомендаций точность определения качества освещения существенно повышается.

Цвета R1 – R8, используемые для расчётов  $R_a$ , имеют относительно низкую насыщенность и равномерно распределены по всему диапазону видимых цветов. Кроме того, некоторые производители для определения качества цветопередачи светодиодов используют и эталонный цвет R9 с насыщенным красным цветом. Качественная передача этого цвета важна для освеще-

ния витрин магазинов, стендов музеев, выставок и т.п. Особенно важным для производителей датчиков света, видеокамер и дисплеев является эталонный цвет R13 – обобщённый цвет лица европеоида, а также часто используемый в литературе эталонный цвет R15, соответствующий цвету лица азиата (отсутствует в стандарте DIN6169).

Национальным институтом стандартов и технологий США (NITS) предложена шкала качества цвета (CQS), позволяющая определять качество всех источников белого цвета, включая белые светодиоды. Шкала качества NITS оценивает различные аспекты качества цвета, включая цветопередачу, цветоразличение и предпочтения наблюдателей. При измерении по методике NITS индекс  $R_a$  с восемью цветами заменяют на индекс  $Q_a$ , рассчитанный на основе 15 насыщенных цветовых образцов (см. рис. 5), искажения которых более заметны при освещении различными источниками света. Шкала CQS (или  $Q_a$ ) рекомендует использовать две модификации индекса:  $Q_f$  – для выбора освещения тканей, красок, художественных студий



Рис. 5. Эталонные цвета шкалы CQS

и образцов красителей и  $Q_p$  – для выбора освещения витрин магазинов, стендов музеев и т.п. Такой подход позволяет более точно представлять качественные параметры источников света, в том числе и светодиодных, с учётом их спектральных характеристик [4, 5].

## ПРОДУКЦИЯ КОМПАНИИ SHARP MICROELECTRONICS

Фирма Sharp не первый год входит в десятку ведущих производителей светодиодов. В настоящее время компания выводит свою продукцию на новый уровень качества, выпустив светодиоды семейства Mega Zenigata мощностью 50, 25 и 15 Вт, предназначенные для замены ламп накаливания мощностью 200, 150 и 75 Вт или их эквивалентов (флюоресцентных, галогенных и ННД-ламп). Светодиоды нового семейства отличаются высоким качеством излучаемого света, длительным сроком службы и высокой надёжностью [6].

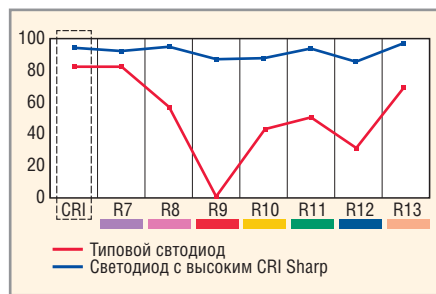


Рис. 6. Значения индексов цветопередачи



Рис. 7. Влияние индекса цветопередачи на освещение

MiniZENI 15W	2012
MiniZENI 15W & MegaZENI 15W/25W/50W	2011
PicoZENI	2010
MiniZENI	2009
ZENIGATA	2007
RGB светодиод высокой яркости	2003
Сверхтонкий светодиодный кристалл (0,35 мм)	2000
Сверхтонкий светодиодный кристалл (0,6 мм)	1994
Безвыводной светодиодный кристалл для ламп высокой яркости	1993
Полноцветный светодиод	1992
Дихроматический светодиод высокой яркости	1989
Светодиод сверхвысокой яркости	1987

Рис. 8. Основные достижения компании Sharp в производстве светодиодов



Рис. 9. Спектр излучения модуля GW5DGC27M04

Значение CRI более 80 для светодиодных источников цвета соответствует требованиям международного стандарта Energy Star. Все светодиоды, выпускаемые в настоящее время компанией Sharp, обеспечивают CRI более 80, в то же время расчёт этого параметра только по индексам R1 – R8 (см. выше) не вполне объективно характеризует качество излучаемого света. На рисунке 6 показаны усреднённые значения индексов R7 – R13 типовых светодиодов и светодиодов новых семейств фирмы Sharp. На диаграммах видно значительное улучшение «кри-

тических» индексов R9 и R13 у новых приборов (не показанный на рисунке 7 индекс R15 также высок).

Добиться высоких значений индекса цветопередачи для светодиодов новых семейств компания смогла за счёт внедрения технологии покрытия синих светодиодов люминофором, состоящим из «фирменной» смеси зелёных и красных составляющих. В результате цветопередача насыщенного красного цвета, определяемого индексом R9, значительно улучшилась. Визуализация глубоких красных оттенков объектов, освещаемых новыми светодиодами, придаёт им тёплые и яркие краски, отмечаемые экспертами оценками от «эффектно» до «незабываемо» (см. рис. 7).

Приборы новых семейств позволяют отойти от традиционных форм светильников и предоставляют конструктору новые возможности. Мощные осветительные приборы на основе изделий семейства Mega Zenigata могут содержать только один светодиодный модуль.

Использование светодиодных модулей, выполненных по технологии Zenigata COB, для построения плоских светоизлучающих поверхностей LES (Light Emitting Surface) позволяет повысить производительность и увеличить срок службы осветительного оборудования с одновременным упрощением конструкций и улучшением качества освещения.

Одинаковые размеры подложек светодиодов новых семейств (с различными мощностями, яркостью и другими параметрами) обеспечивают гибкость в конструировании линз, отражателей и элементов конструкции светильников. Единое расположение выводов упрощает технологию пайки и установки теплоотводов в различных осветительных приборах.

Сортировка светодиодов в условиях производства по различным параметрам всегда вызывает определённые трудности у изготовителей конечного светотехнического оборудования, поскольку небольшие отклонения яркости, цвета, номинального прямого напряжения одинаковых типов приборов даже одного производителя увеличивают неравномерность светящихся поверхностей.

При производстве всех новых изделий компания Sharp использует новый трёхступенчатый процесс, устраняющий недостатки традиционных мето-

дов сортировки. В отличие от обычных методов испытаний изделий при температуре 25°C, компания проводит испытания при различных температурах, вплоть до 90°C, при которой часто приходится работать светодиодам в реальных условиях эксплуатации.

Кроме светодиодов и светодиодных модулей компания выпускает и другие необходимые для производства светотехнических устройств приборы: датчики освещённости, микросхемы управления питанием, драйверы светодиодов и монтажные платы. На рисунке 8 показана история достижений компании в светодиодной области.

В каталоги компании Sharp Microelectronics от 2012 г. включены приборы нескольких семейств.

Семейство Mega ZENIGATA представляет шесть типов светодиодных модулей мощностью 50...80 Вт с CRI не менее 80; шесть типов мощностью 25...40 Вт с CRI не менее 90; шесть типов мощностью 25...40 Вт с CRI не менее 80; шесть типов мощностью 15...25 Вт с CRI более 90 и шесть типов с CRI более 80.

Мощные светодиодные модули этого семейства являются одними из первых в отрасли изделий, пригодных для замены ламп накаливания мощностью 75/150/200 Вт и компактных люминесцентных ламп соответствующей мощности (модули содержат десятки светодиодных кристаллов). Приборы семейства отличаются высоким качеством излучаемого белого света, световой эффективностью (до 105 лм/Вт и более), а также длительным сроком службы (до 40 000 ч при  $T = 90^\circ\text{C}$ ), при этом изменения параметров при предельно допустимых температурах не превышают 10%. Все продукты с CRI до 93 обеспечивают высокое значение индекса R9. На рисунке 9 приведены спектральное распределение и значения индексов Ra, R1 – R15 светодиода GWDGC27M04. Конфигурация излучающей поверхности облегчает конструирование оптики. Большая мощность приборов семейства позволяет использовать в светильниках только один светодиодный модуль. Плоская поверхность керамического корпуса снижает тепловое сопротивление кристалл/теплоотвод; тепловое сопротивление кристалл/корпус  $T_{jc}$  находится в пределах 0,9...2,8 К/Вт, в зависимости от мощности приборов. Пайка модулей не требует дополни-

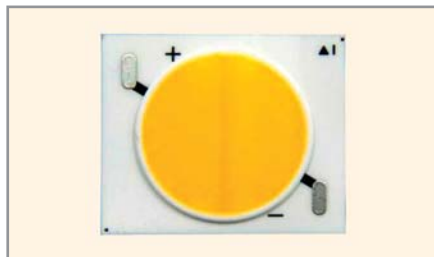


Рис. 10. Внешний вид модулей Mega Zenigata

тельных прокладок при установке на радиаторы. Внешний вид приборов семейства показан на рисунке 10.

Основные области применения приборов серии, рекомендованные производителем: замена ламп накаливания; архитектурная подсветка; направленные источники света (Spotlights); приборы верхнего света/подвесные светильники (Downlighting); вариантное освещение (Recessed can Lights) – использование однотипных осветительных приборов для различных вариантов освещения, например, сочетание встроенных и подвесных светильников; освещение площадок и объектов (Area and object lighting); световые приборы высокой интенсивности (High intensity Lighting).

В *семейство Mini ZENIGATA* входят восемь типов светодиодных модулей

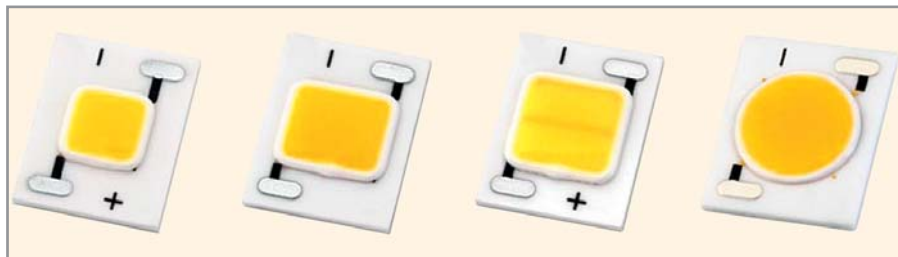


Рис. 11. Внешний вид модулей Mini Zenigata

мощностью 15...19 Вт с CRI не менее 80; шесть типов мощностью 10...15 Вт (CRI более 80); шесть типов мощностью 7...9 Вт (CRI более 90) и шесть типов мощностью 4...6 Вт (CRI более 80). В модули интегрированы четыре параллельных цепочки по 12 последовательно включённых дискретных светодиодов, что обеспечивает световые потоки от 800 до 1670 лм с CRI до 93, превышая требования стандарта Energy Star.

Модули Mini ZINIGATA также обеспечивают высокую точность заявленной цветовой температуры – менее трёх эллипсов МакАдама (under 3 Macadam ellipse), что превышает требования стандартов ANSI. Габариты корпуса модулей уменьшены примерно в два раза по сравнению с предыдущими вари-

антами исполнения. Внешний вид приборов семейства показан на рисунке 11.

Области применения модулей, рекомендованные производителем: замена ламп накаливания; внутреннее и наружное освещение; архитектурная подсветка; настольные лампы; направленное освещение; подсветка знаков и указателей; подвесные светильники; портативные осветительные приборы; освещение ограниченных площадок и объектов.

*Семейство Petit ZENIGATA* класса «кристалл на плате» (Chip On Board, COB) мощностью 4 и 5 Вт ориентировано на компактные приложения: освещение узких дорожек; местная подсветка; замена ламп MR16, GU10; небольшие лампы для чтения, направ-

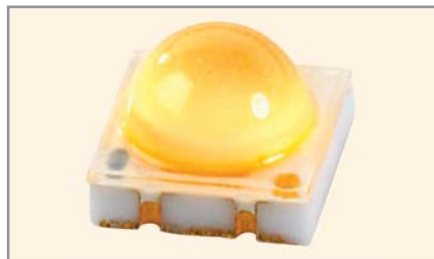


Рис. 12. Внешний вид модулей Pico Zenigata

ленное освещение; подвесные светильники. Размеры светодиодов 12 × 8 мм, диаметр излучающей поверхности 4 мм.

Семейство Pico ZENIGATA содержит миниатюрные светодиоды мощностью от 0,2 Вт (один кристалл) до 0,5 Вт (три кристалла); в него входят 24 типа светодиодов с CRI более 80. Приборы обеспечивают световой поток от 15 до 72,5 лм и предназначены для приложений, в которых стоимость комплектующих имеет большое значение. Миниатюрные размеры светодиодов (2,8 × 1,9 мм) хорошо подходят

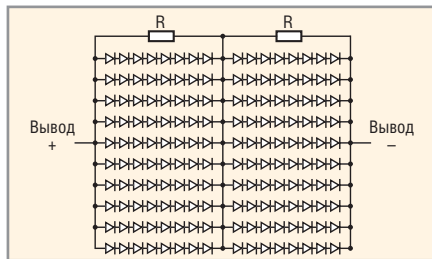


Рис. 13. Структура модулей серии GW5DGExxMR5

для ленточных источников света. Внешний вид приборов семейства показан на рисунке 12. Другие возможные сферы применения светодиодов семейства: подсветка «бегущих строк»; направленные и краевые источники подсветки (например, в мебели); освещение холодильников, шкафов и т.п.

В состав серии SAE входят десять типов светодиодов в корпусах PLCC2, PLCC4 без линз с CRI 62...85 и световым потоком от 4,4 до 17 лм. Приборы отличаются низким энергопотреблением. Рекомендуемые области применения: освещение жилых и офисных

помещений; общее внутреннее и наружное освещение; замена ламп накаливания.

В каталоги Sharp Microelectronics of the Americas дополнительно включены приборы серии Double Dome, в состав которой входят 24 типа светодиодных модулей с двойными линзами. Приборы могут обеспечивать широкие и узкие диаграммы распределения силы света [7].

Классификационные параметры светодиодных модулей семейства Mega ZENIGATA из каталога компании 2012 г. приведены в таблице. Рассмотрим особенности некоторых приборов компании.

Серия GW5DGExxMR5 (2012 г.) – светодиодные модули семейства Mega Zenigata мощностью 50 Вт, выполненные в корпусах на керамической подложке размерами 20 × 24 × 1,8 мм. Сортировка приборов производится по цветовым координатам (по четыре исполнения каждого типа прибора); предусмотрена защита от подачи напряжения в неправильной полярности. Структура приборов, выполненных на основе кристаллов InGaN, показана на рисунке 13. В руководстве по применению приборов серии подробно приведена методика теплового расчёта.

Индексы R9/R13/R15 существенно зависят от цветовой температуры и типа прибора в серии и составляют: 9/78/73 (GW5DLE65Mxx, 6500 К); 57/87/86 (GW5DGE65Mxx, 6500 К); 13/81/73 (GWDME27Mxx, 2700 К); 86/97/96 (GWDGE27Mxx, 2700 К). При увеличении прямого тока приборов до 1500 мА световой поток увеличивается примерно на 35%.

Испытания на надёжность проводятся при  $T_{корп} = 80$  К и прямом токе 1500 мА для партий из шести приборов, при этом уменьшение светового потока кондиционных приборов не превышает 1...2% при продолжительности испытаний 1350 ч. Проводятся также испытания приборов на термоциклирование, влагостойкость, воздействие высокой и низкой температуры хранения (-40...100°C), вибростойкость и ударопрочность. Другие параметры приборов:

- мощность рассеяния 82,5 Вт;
- диапазон рабочих температур корпуса -30...100°C;
- ширина диаграммы распределения силы света 120°;
- отклонения параметров цветности меньше требований стандарта ANSI C78-377-2008.

**Классификационные параметры светодиодных модулей семейства Mega ZENIGATA**

Тип прибора	$T_{цв}, K$	CRI	$I_{пр}, mA$	$U_{пр}, B$	$\Phi_v, лм$	$\Phi_{эф}, лм/Вт$
GW5DGE65MR5	6500	90	950	50	3900	82
GW5DGE50MR5	5000	90	950	50	3900	82
GW5DGE40MR5	4000	92	950	50	3850	81
GW5DGE35MR5	3500	93	950	50	3740	79
GW5DGE30MR5	3000	93	950	50	3670	77
GW5DGE27MR5	2700	93	950	50	3590	77
GW5DME35MR5	3500	83	950	50	4580	96
GW5DME30MR5	3000	83	950	50	4430	93
GW5DME27MR5	2700	83	950	50	4300	91
GW5DLE65MR5	6500	82	950	50	4890	103
GW5DLE50MR5	5000	82	950	50	4880	103
GW5DLE40MR5	4000	82	950	50	4770	100
GW5DGC65M04	6500	90	950	37	2080	80
GW5DGC50M04	5000	90	700	37	2080	80
GW5DGC40M04	4000	92	700	37	2050	79
GW5DGC35M04	3500	93	700	37	1970	76
GW5DGC30M04	3000	93	700	37	1950	75
GW5DGC27M04	2700	93	700	37	1910	74
GW5DMC35M04	3500	83	700	37	2450	95
GW5DMC30M04	3000	83	700	37	2370	91
GW5DMC27M04	2700	83	700	37	2300	89
GW5DMC65M04	6500	83	700	37	2600	100
GW5DMC50M04	5000	82	700	37	2600	100
GW5DMC40M04	4000	82	700	37	2550	98
GW5DGA65M04	6500	90	400	37	1250	84
GW5DGA50M04	5000	90	400	37	1250	84
GW5DGA40M04	4000	92	400	37	1230	83
GW5DGA35M04	3500	93	400	37	1200	81
GW5DGA30M04	3000	93	400	37	1170	79
GW5DGA27M04	2700	93	400	37	1150	78
GW5DMA35M04	3500	83	400	37	1450	98
GW5DMA30M04	3000	83	400	37	1400	95
GW5DMA27M04	2700	83	400	37	1350	91
GW5DMA65M04	6500	82	400	37	1550	105
GW5DMA50M04	5000	82	400	37	1550	105
GW5DMA40M04	4000	82	400	37	1520	103

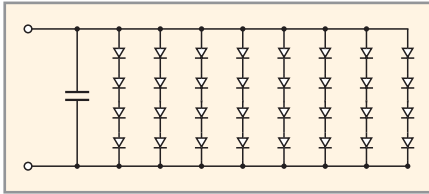


Рис. 14. Структура модулей серии GW5BMFxxK04



Рис. 15. Спектр модуля GW5BTF40K00

Серия GW5BMFxxK04 (2011 г.) – светодиодные модули семейства Mini ZENIGATA мощностью 7...9 Вт. В состав серии входят шесть типов модулей с  $T_{цв}$  2700/3000/3500/4000/5000/6500 К и CRI = 82. Модули выполнены в корпусах на керамической подложке размерами 15 × 12 × 1,6 мм, структура приборов приведена на рисунке 14. Модули проходят такие же испытания, что и

модули семейства Mega ZENIGATA. Основные параметры модулей:

- мощность рассеяния 9,2 Вт;
- диапазон рабочих температур –30...100°C;
- световой поток от 634,4 лм (GW5BMF27K04,  $T_{цв}$  = 2700 К) до 713,7 лм GW5BMF50K04/ GW5BMF65K04, 5000/6500 К) при  $I_{пр}$  = 680 мА;
- рабочий ток 680 мА;
- эффективность 81...91 лм/Вт при  $I_{пр}$  = 520 мА; 73...82 лм/Вт при  $I_{пр}$  = 80 мА;
- прямое напряжение 12,3...12,7 В;
- тепловое сопротивление кристалл/корпус 7,6 К/Вт.

Серия GW5BTFxxK00 – светодиодные модули семейства Mini ZENIGATA мощностью 6 Вт. В состав серии входят шесть типов модулей с  $T_{цв}$  от 2700 до 6500 К и CRI 85...87. На рисунке 15 приведены спектральные характеристики прибора GW5BTF40K00 ( $T_{цв}$  = 4000 К) и значения индексов  $R_a$ , R1 – R15 (у этого модуля – максимальный индекс R9 во всей серии). Основные параметры модулей (отличающиеся от соответствующих параметров приборов GW5BMFxxK04):

- мощность потребления 8 Вт;

- световой поток 355...410 лм при  $I_{пр}$  = 640 мА;
  - прямое напряжение 10,2...11,5 В.
- Компания Sharp располагает большой сетью общеевропейских и местных дистрибьюторов, которые могут оказать необходимую помощь потребителям в реализации их проектов. В России интересы компании представляют фирмы Arrow Electronics Russia, Prosoft и Rutronik Beteiligungsgesellschaft mbH. В распоряжение потребителей могут быть предоставлены подробные спецификации, отчёты о проведённых испытаниях, чертежи и программные средства САПР.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.sharpleds.eu/>.
2. <http://www.signbusiness.ru/publications/theory/388-что-такое-индекс-тсвето-peredachi.php>.
3. [http://www.cie.co.at/Publications/index.php?i\\_ca\\_id=453](http://www.cie.co.at/Publications/index.php?i_ca_id=453).
4. <http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/>.
5. [http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/cqs\\_rationale\\_06-10.pdf](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/ssl/cqs_rationale_06-10.pdf).
6. <http://www.sharpleds.eu/ledevolution.html>.
7. <http://www.sharpleds.com/ledfamily.html>.

