

Современные мощные светодиоды и их оптика

Александр Бурняшев (Москва)

Автор рассказывает о современных мощных светодиодах ведущих компаний-производителей Lumileds Lighting, Osram Opto Semiconductors и UPEC Electronics Corporation, а также приводит варианты оптического оформления мощных светодиодов.

ВВЕДЕНИЕ

Так сложилось, что автор данной статьи в силу своей профессиональной деятельности достаточно давно наблюдает за тем, что происходит на рынке мощных светодиодов. Данная статья не ставит своей целью представить технические подробности дизайна и технологии изготовления светодиодов, а всего лишь на примере трёх компаний представляет теку-

щий уровень решений в области мощных светодиодов массового производства. Именно – массового. Многие фирмы в настоящее время сообщают об изготовлении опытных образцов мощных светодиодов с фантастическими характеристиками (например, компания NeoPac сообщила об изготовлении 80-ваттного светодиодного модуля NeoBulbCombo со световым потоком свыше 2000 лм), но

дорогу к массовому пользователю они пока не пробили.

Компания Lumileds Lighting выпускает светодиоды под торговой маркой Luxeon. Компания является мировым лидером как по уровню перспективных разработок, так и по массовому производству светодиодов. Цены массовых изделий компании на рынке не самые низкие, но и параметры выше, чем у аналогов. Например, красно-оранжевый светодиод LXHL-LH3C с длиной волны 617 нм при токе 1,4 А имеет световой поток 190 лм [1]. При этом его ресурс превышает 50 000 ч, а цена – менее \$10. Мощные светодиоды компании превосходят конкурентов и по соотношению цена/качество. На рис. 1а показан светодиод Emitter, а на рис. 1б – Star Hex, который представляет собой тот же светодиод Emitter, установленный на теплоотводящую алюминиевую подложку. В табл. 1 представлены наиболее интересные мощные светодиоды компании Lumileds Lighting (Luxeon I – одноваттные, Luxeon III – трёхваттные). Светодиоды Luxeon V – тоже трёхваттные, но с более высокой световой отдачей.

В табл. 1 представлены светодиоды семейства SnapLED (рис. 2), которые, не являясь мощными светодиодами, приведены ввиду своих удивительных параметров. Они имеют два основных цвета – красно-оранжевый и оранжевый, – которые соответствуют цветовому спектру сигналов торможения, габаритных огней и указателей поворотов автомобилей. При токе 150 мА световой поток достигает 8...10 лм в красно-оранжевом цвете, что вполне достаточно для применения в автомобилях. И это при цене порядка \$0,5 за штуку! Кстати сказать, многие из нас регулярно наблюдают свечение этих светодиодов во многих люксовых автомобилях как европейского, так и американского производства.

На рис. 3 показано процентное соотношение светимости различных светодиодов компании Lumileds Lighting. Диаграмма излучения (диаграмма направленности) характеризует

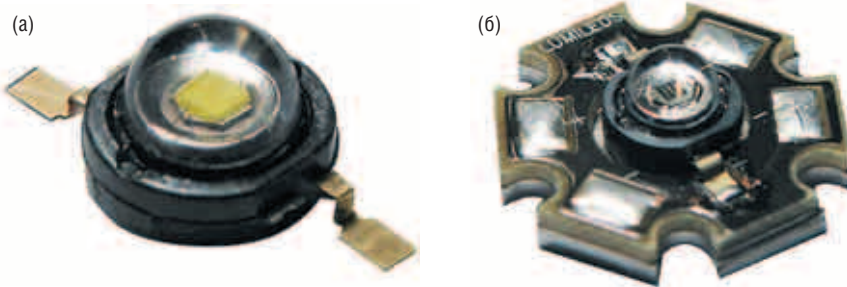


Рис. 1. Внешний вид мощных светодиодов в корпусе Emitter (а) и Star Hex (б)



Рис. 2. Внешний вид светодиодов SnapLED

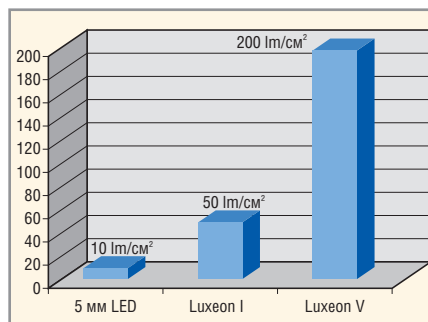


Рис. 3. Светимость различных светодиодов семейства Luxeon

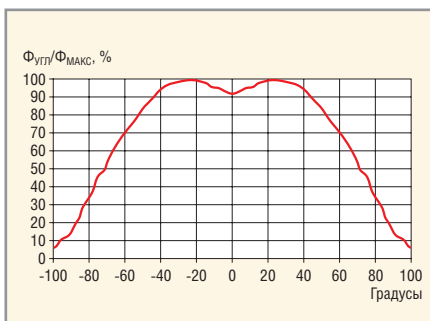


Рис. 4. Диаграмма излучения Lambertian

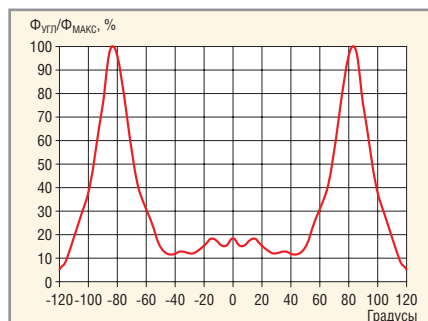


Рис. 5. Диаграмма излучения Side-Emitting

изменение светового потока в пределах угла 120°. На рис. 4 – 6 показаны диаграммы излучения Lambertian, Side-Emitting и Batwing, типичные для многих светодиодов (в переводе названия диаграмм означают абстрактное соответствие рисунка какому-либо предмету). Светодиоды семейства Luxeon в основном имеют диаграммы излучения первых двух типов (см. табл. 1). Номенклатура мощных светодиодов компании Lumileds Lighting значительно шире номенклатуры своих конкурентов как по цветам, так и по диаграммам излучения.

Компания Osram является одним из крупнейших производителей традиционных осветителей. Учитывая роль полупроводниковых светодиодов в осветительной технике настоящего и будущего, компания организовала производство мощных светодиодов (см. рис. 7) и стала называться Osram Opto Semiconductors. Компания добилась больших успехов в применении светодиодов и стала производить комплексные светодиодные системы (например, серию мощных модулей OSTAR). Комплексные системы позволяют быстро и просто смонтировать нужную систему освещения. В комплект системы входят три модуля LINEARlight, специальный электронный блок, блок питания, соединители и насадочные оптические системы. С помощью комплекта можно собрать систему для световой маркировки пути, систему декоративного освещения или систему для световых эффектов, а также систему для подсветки витрин. Компания Osram OS продемонстрировала возможность реализации удивительных светотехнических решений – она оснастила светодиодами шикарный концепт-кар Maserati Birdcage 75, представленный на Международном салоне в Женеве в 2005 г. [2, 3].

В табл. 2 представлены мощные светодиоды семейства Golden Dragon компании Osram OS. Видно, что модельный ряд семейства Golden Dragon достаточно узок. В нём отсутствуют чисто красные светодиоды, т.е. нет светодиодов с длиной волны выше 617 нм.

Компания UPEC Electronics представляет собой образец тайваньского производителя. Компания относится к той группе производителей, чьи решения не являются самыми дешёвы-

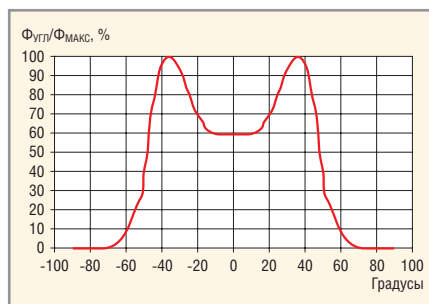


Рис. 6. Диаграмма излучения Batwing

ми на рынке. Вместе с тем UPEC является одной из тех компаний, чья продукция лидирует по соотношению цена/качество. Компания давно занимается разработкой и производством высокотехнологичных светодиодов [4].

Таблица 1. Мощные светодиоды компании Lumileds Lighting

Luxeon Emitter ¹	Luxeon Star Hex ²	Цвет	Длина волны, нм	Световой поток, лм, не менее	Световой поток, лм, не более	Максимальный ток, мА	Диаграмма излучения
Luxeon I (1 Вт)							
LXHL PW01	LXHL-MW1D	Белый	5500 ³	31	45	350	Lambertian
LXHL PM01	LXHL-MM1D	Зелёный	530	31	53	350	Lambertian
LXHL PB01	LXHL-MB1D	Синий	470	8	16	350	Lambertian
LXHL PD01	LXHL-MD1D	Красный	625	30	44	350	Lambertian
LXHL PH01	LXHL-MH1D	Красно-оранжевый	617	40	55	350	Lambertian
LXHL PL01	LXHL-ML1D	Оранжевый	590	23	42	350	Lambertian
LXHL DL01	LXHL-FL1C	Оранжевый	590	23	38	350	Side-emitting
Luxeon III (3 Вт)							
LXHL PW09	LXHL-LW3C	Белый	5500 ³	60	80	1000	Lambertian
LXHL DW09	LXHL-FW3C	Белый	5500 ³	60	80	1000	Side-emitting
LXHL PM09	LXHL-LM3C	Зелёный	530	51	80	1000	Lambertian
LXHL PE09	LXHL-LE3C	Зелёный	505	51	80	1000	Lambertian
LXHL PB09	LXHL-LB3C	Синий	470	14	30	1000	Lambertian
LXHL PR09	LXHL-LR3C	Синий	455	340 ⁴	450 ⁴	1000	Lambertian
LXHL PD09	LXHL-LD3C	Красный	627	90	140	1400	Lambertian
LXHL PH09	LXHL-LH3C	Красно-оранжевый	617	120	190	1400	Lambertian
LXHL PL09	LXHL-LL3C	Оранжевый	590	70	110	1400	Lambertian
Luxeon V (3 Вт)							
LXHL-PW03	LXHL-LW6C	Белый	5500 ³	87	120	700	Lambertian
LXHL-DW03	LXHL-FW6C	Белый	5500 ³	87	105	700	Side-emitting
LXHL-PB02	LXHL-LB5C	Синий	470	25	48	700	Lambertian
LXHL-PM02	LXHL-LM5C	Зелёный	530	67	160	700	Lambertian
LXHL-PE02	LXHL-LE5C	Зелёный	505	67	160	700	Lambertian
SnapLED							
HPWS TH00		Красно-оранжевый	621	6	10	150	120 ⁵
HPWS TL00		Оранжевый	594	3	4	150	120 ⁵

¹Конструкция светодиода, показанная на рис. 1а.

²Конструкция светодиода, показанная на рис. 1б.

³Цветовая температура, °K.

⁴Радиометрическая мощность, мВт.

⁵Угол половинной яркости, градусы.



Рис. 7. Внешний вид мощных светодиодов компании Osram OS

Одноваттные и трёхваттные светодиоды компании UPEC внешне практически идентичны светодиодам Emitter и Star Hex от Luxeon (Star Hex компания UPEC называет модулем). В табл. 3 представлены мощные светодиоды компании UPEC.

СКОЛЬКО ЧАСОВ СВЕТОДИОД БУДЕТ СВЕТИТЬ?

Вопрос непростой. Рекламная или техническая информация большинства производителей светодиодов сообщают, что ресурс (срок службы) светодиодов 100 тыс. часов, т.е. порядка 12 лет непрерывной работы. Может быть, это попытка желаемое выдать за действительное, может, просто рекламный трюк, а может, так оно и есть. Трудно судить со стороны. Но недоверие к этим цифрам есть.

Ресурс светодиода определяют две составляющие: ресурс самого кристалла и ресурс оптической системы. Подавляющее большинство производителей светодиодов используют

для оптической системы различные комбинации эпоксидных смол. Последние имеют ограниченный ресурс, после которого они мутнеют. Компания Lumileds Lighting многократно заявляла, что для оптического оформления светодиодов не использует эпоксидные материалы. При этом она гарантирует срок службы 50 тыс. часов с 30%-м падением яркости. Компания Osram OS указывает для светодиодов марки Golden Dragon ресурс 50 тыс. часов. Производители светодиодов подчеркивают, что залогом большого ресурса является обеспечение тепловых режимов и требуемых условий питания светодиодов. В любом случае по

сравнению с ресурсом традиционных ламп накаливания (менее 1000 часов) и газоразрядных ламп (несколько тысяч часов) светодиоды на порядок более долговечны.

СКОЛЬКО СТОИТ ЛЮМЕН?

Теперь попробуем на примере белых светодиодов грубо оценить такой показатель, как «люмен на доллар» (при этом использованы ориентировочные цены светодиодов на российском рынке для средних и крупных проектов).

Рассмотрим пять пользующихся спросом моделей светодиодов: LW W5SG (41 лм), UE-HP800NW (30 лм), UE-HP803NW (55 лм), LXHL-PW09 (80 лм) и LXHL-PW03 (120 лм). На один доллар приходится 10, 10, 13, 7 и 6 лм соответственно. Конечно, кроме рассмотренных в данной статье производителей и моделей светодиодов, в мире существует множество других, но ориентировочный порядок цен понятен. При детальном рассмотрении могут выявиться и другие данные. Например, в секторе жёлтых и оранжевых мощных светодиодов в настоящий момент по количеству люмен на доллар практически нет конкурентов светодиодам марки Golden Dragon моделей LA W57B и LY W57B от Osram OS (стоят эти светодиоды в настоящее время чуть больше доллара). Для ряда применений может быть интересна продукция американской компании Lamina Ceramics (например, модули BL-42D0-0304, 5 Вт, 120 лм или BL-32D0-0133, 26 Вт, 560 лм). Также интересны их RGB-модули серий BL33 и BL43 (компания Lamina Ceramics не производит собственных кристаллов, но достигла больших успехов в применении теплоотводящих подложек и оптическом оформлении светодиодов).

По экономической целесообразности светодиоды уже перешагнули лампы накаливания и почти сравнялись с галогенными лампами. Теперь подбираются к своему основному конкуренту – газоразрядным лампам. Галогенные лампы имеют эффективность (световую отдачу) порядка 25 лм/Вт. Некоторые светодиоды уже превзошли эти показатели, и в ближайшее время следует ожидать дальнейший рост эффективности мощных светодиодов и снижение их цены. В качестве примера можно привести новинку от Lumileds Lighting –

Таблица 2. Мощные светодиоды компании Osram Opto Semiconductors

Наименование	Цвет	Длина волны, нм	Мощность, Вт	Световой поток, лм, не менее	Световой поток, лм, не более	Максимальный ток, мА	Угол половинной яркости, град
LA W57B	Красно-оранжевый	617	1,2	13	24	400	120
LY W57B	Оранжевый	587	1,2	13	24	400	120
LB W5SG	Синий	470	2,3	5	11	500	120
LV W5SG	Зелёный	505	2,3	18	33	500	120
LT W5SG	Зелёный	525	2,3	18	39	500	120
LCW W5SG	Тепло-белый	3250 ¹	2,3	21	41	500	120
LW W5SG	Белый	5600 ¹	2,3	21	41	500	120

¹Цветовая температура, °К.

Таблица 3. Мощные светодиоды компании UPEC Electronics Corporation

Наименование	Цвет	Длина волны, нм	Мощность, Вт	Световой поток, лм, не менее	Световой поток, лм, не более	Максимальный ток, мА	Угол половинной яркости, град
UE-HP800NW	Белый	6000 ¹	1,00	20	30	350	120
UE-HP800WW	Тепло-белый	3000 ¹	1,00	16	22	350	120
UE-HP800RB	Синий	455	1,00	4	8	350	120
UE-HP800NB	Синий	470	1,00	5	10	350	120
UE-HP800CN	Зелёный	505	1,00	18	25	350	120
UE-HP800PG	Зелёный	530	1,00	25	32	350	120
UE-HP800NY	Жёлтый	584	1,00	8	14	350	120
UE-HP800NO	Оранжевый	590	1,00	18	28	350	120
UE-HP800RO	Красно-оранжевый	615	1,00	18	28	350	120
UE-HP800NR	Красный	625	1,00	18	28	350	120
UE-HP803NW	Белый	6000 ¹	3,00	35	55	700	120
UE-HP803WW	Тепло-белый	3000 ¹	3,00	25	45	700	120
UE-HP803RB	Синий	455	3,00	8	14	700	120
UE-HP803NB	Синий	470	3,00	12	16	700	120
UE-HP803CN	Зелёный	505	3,00	28	40	700	120
UE-HP803PG	Зелёный	530	3,00	45	55	700	120
UE-HP803NY	Жёлтый	584	3,00	28	36	700	120
UE-HP803NO	Оранжевый	590	3,00	30	40	700	120
UE-HP803RO	Красно-оранжевый	615	3,00	30	40	700	120
UE-HP803NR	Красный	625	3,00	30	40	700	120

¹Цветовая температура, °К.



Рис. 8. Внешний вид светодиода Luxeon K2

Luxeon K2 (см. рис. 8), которая должна презойти порог в 200 лм в белом цвете. А пока поставляемые в большом количестве на российский рынок обычные белые выводные 5-мм светодиоды с силой света порядка 15 000 мкд и углом половинной яркости 30 градусов стоят порядка 0,2...0,3 долл. за штуку [5]. Но выводные светодиоды всё-таки – это прошлый век.

Оптика для мощных светодиодов

Напоследок речь пойдёт о грамотном оптическом оформлении. Ряд компаний производит специализированную оптику для мощных светодиодов, иначе у потребителей (разработчиков аппаратуры) могут возникнуть серьёзные трудности с их применением (например, при попытке использовать эффект полного внутреннего отражения).

Большинство компаний, занимающихся светодиодной оптикой, расположены в Италии и Великобритании. В их числе: Fraen Srl, Khatod Optoelectronics, L2Optics, Polymer Optics. Они выпускают широкий спектр оптических систем, которые согласуются с изделиями ведущих производи-



Рис. 9. Вариант оптики компании Fraen

телей светодиодов. Так, например, компания Fraen производит оптические системы FHS, FLP, FT3 для светодиодов марки Luxeon и FDP, FDG – для Golden Dragon [6]. Имеется оптика с разными диаграммами направленности, в том числе эллиптической, а также оптика под три светодиода, что позволяет создавать RGB-модули. На рис. 9 показана оптика компании Fraen серий FHS и FT3 для светодиодов марки Luxeon. Оптика компании Khatod Optoelectronics практически идентична оптике Fraen. Стоимость оптики на один мощный светодиод находится в пределах 1,5...4,5 долл. Эти затраты обеспечивают гарантированный результат, отличное сопряжение со светодиодами и простоту монтажа. Компания UPEC самостоятельно выпускает недорогую оптику с диаграммами 15 и 25 градусов, которая согласуется со светодиодами серий 800 и 803.

Практически все вышеназванные компании разрабатывают и производят заказную оптику по техническому заданию клиента. Иногда это решение оказывается оптимальным для серьезных проектов. На рис. 10 показан заказной оптический модуль для

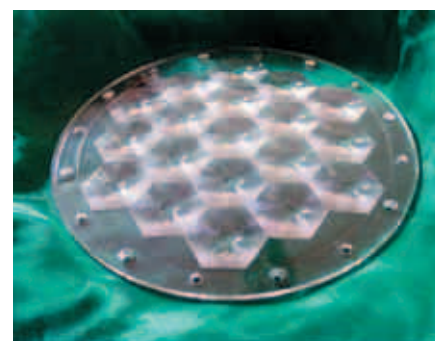


Рис. 10. Оптика для железнодорожного светофора

железнодорожного светофора компании Polymer Optics. Автору данной статьи также приходится иметь дело с импортом готовых осветителей для ландшафтного и архитектурного освещения на мощных светодиодах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Твердотельные источники света двигаются вперёд семимильными шагами. Наша задача – выбирать и предлагать пользователям лучшие светодиоды массового производства, грамотно подбирать связку «светодиод, оптика, теплоотводящая плата, драйвер», которая обеспечит высокий конечный результат. И, конечно же, необходимо внимательно следить за новинками и мировыми тенденциями.

ЛИТЕРАТУРА

1. www.lumileds.com/products/.
2. www.osram-os.com/goldendragon/.
3. www.osram.ru/index.php.
4. www.u-pec.com.
5. www.sparkline.ru/optoelectronics.htm.
6. www.fraensrl.com/prodinfo.html.

