

Юрий Петропавловский

# Современная светодиодная продукция

## компании LG Innotek

Корейская компания LG Innotek в 2011 г. значительно увеличила производство и отгрузку светодиодов. По данным аналитического агентства Strategies Unlimited, в десятке ведущих производителей светодиодов в 2010 г. эта фирма находилась на шестом месте, а через год поднялась на четвертое [1, 2].

### ТОП-10 ведущих производителей светодиодов в 2011 г.

(по данным Strategies Unlimited):

1. Nichia
2. Samsung LED
3. Osram Opto Semiconductors
4. LG Innotek
5. Seoul Semiconductor
6. Cree
7. Philips Lumileds
8. Sharp
9. Toyoda Gasei
10. Everlight

Компания входит в состав промышленного конгломерата LG Group, ведущего свою историю с 1947 г., когда предприниматель Ку Ин Хой (Koo In-Hwoi, 1907–1964 гг., рис. 1) основал в Сеуле небольшую фирму Luk Chemical Co. После объединения с компанией Goldstar Co., Ltd группа стала называться Lucky-Goldstar, впоследствии LG Group. В настоящее время



Рис. 1. Ку Ин Хой, основатель Luk Chemical Co

в состав конгломерата входят десятки дочерних фирм с общим логотипом LG (с 1995 г.) [3].

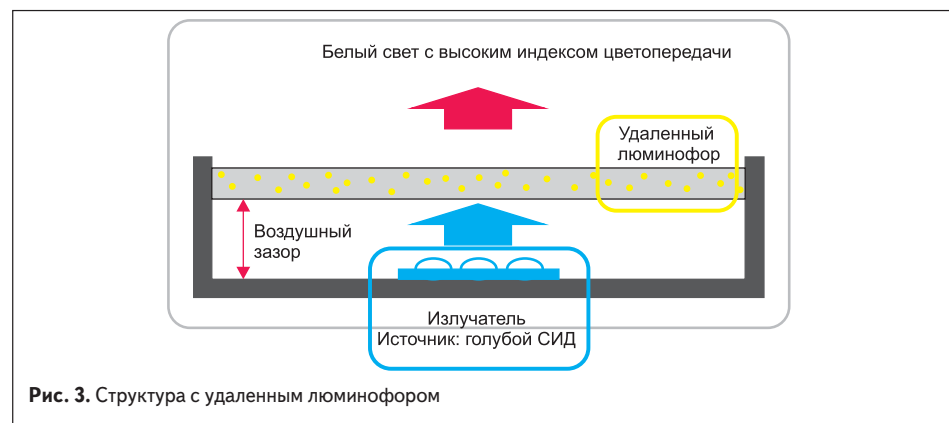
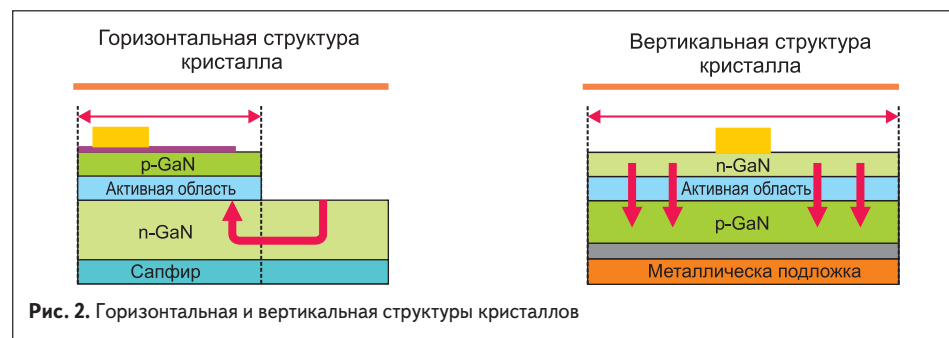
LG Innotek получила свое современное название в 2000 г. и была ориентирована на производство светодиодной продукции. Причем были поставлены задачи обеспечения всего производственного цикла, включая разработку и изготовление люминофоров для покрытия кристаллов светодиодов, полупроводниковых пластин (epitaxial wafers), светодиодных чипов, корпусов и осветительных модулей. В настоящее время компания выпускает и ряд других продуктов: различные типы печатных плат, модули для мобильных приложений, тюнеры, модуляторы, беспроводные модемы, продукты для автомобилей и т. д.

Производство компании сосредоточено на заводах в Hui Zhou, Yantai и Fuzhou (Корея), имеется также завод в Индонезии. Компания располагает сетью дистрибьюторов и офисов продаж в Азии, Америке и Европе (Франкфурт-на-Майне).

В состав светодиодной продукции, выпускаемой LG Innotek, входят корпусированные осветительные светодиоды (PKG), светодиодные модули (светильники, лампы) и драйверы све-

одиодов. В производстве компания использует ряд передовых технологий:

- Применение полупроводниковых пластин диаметром 6 дюймов (6" Epitaxial wafer). В сравнении с двухдюймовыми пластинами эффективная площадь пластин большого диаметра увеличивается в 10 раз, а себестоимость одного чипа уменьшается примерно на 30%.
- Технология вертикальных светодиодных структур (Vertical Chip), имеющих следующие основные преимущества:
  - излучение со всей поверхности кристаллов (в горизонтальных структурах излучает часть поверхности кристаллов (рис. 2));
  - равномерное распределение токов в кристаллах, высокая электростатическая прочность;
  - использование металлической подложки, что обеспечивает низкое тепловое сопротивление «кристалл–подложка» и высокую электропроводность.
- Технология удаленного люминофора (Remote Phosphor) — светоизлучающий люминофор нанесен на тонкую пластину, установленную на некотором расстоянии от кристалла синего светодиода (рис. 3).



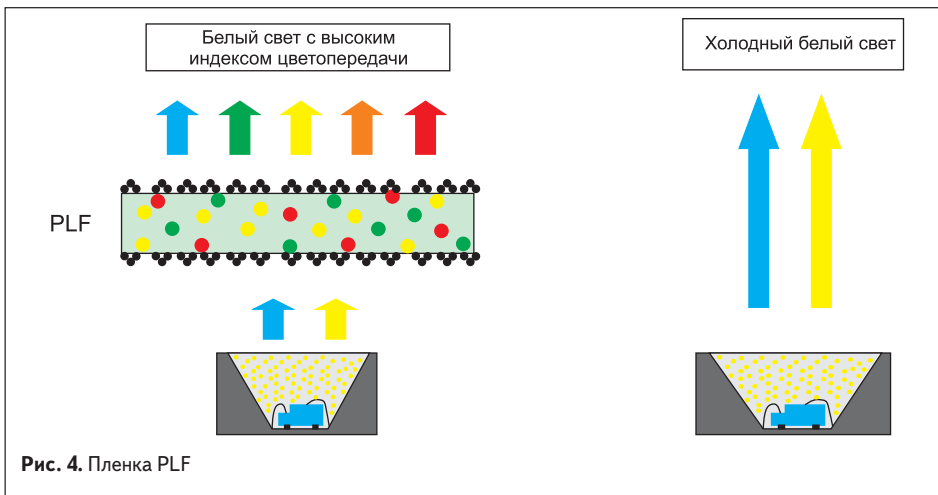


Рис. 4. Пленка PLF

Основным преимуществом применения такой структуры является возможность получения белого света высокого качества с CRI более 90.

- MRM (Multi-Rank-Mixing) — метод получения оттенков белого света, необходимых производителям светильников

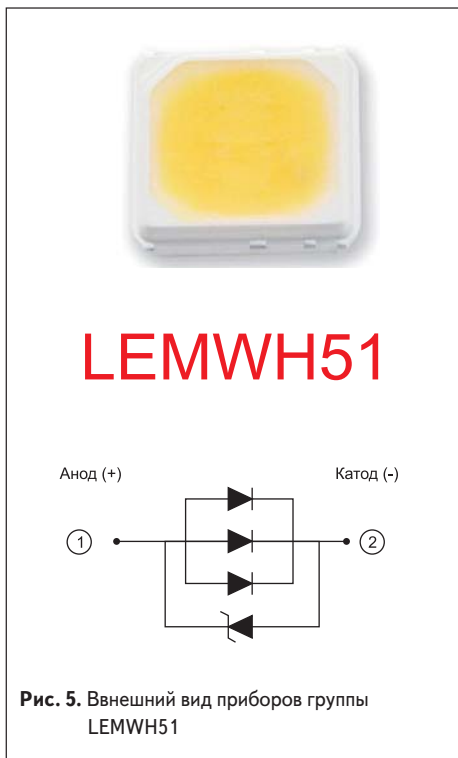


Рис. 5. Внешний вид приборов группы LEMWH51

и устройств подсветки ЖК-панелей, заключающийся в использовании комбинаций светодиодов с холодным и теплым белым свечением. Метод позволяет решить проблему выбора бинов используемых светодиодов.

- PLF (Photo-luminescent Film) — фотолуминесцентные пленки, предназначены для получения высококачественного белого света светильников на основе холодных белых светодиодов с  $T_{цв} = 10\ 000\ K$  (рис. 4). Компания предлагает четыре типа пленок, формирующих белый свет с цветовыми температурами 5000 K (CRI = 80), 4000 K (CRI = 85), 3000 K (CRI = 90), 2700 K (CRI = 95).

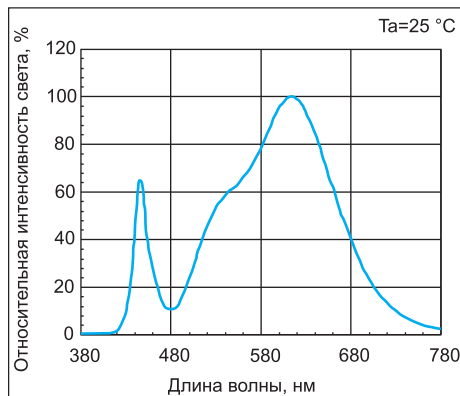


Рис. 6. Спектральная характеристика светодиода LEMWH51W80MZ00

- MLA (Micro Lens Array) — массивы микролинз, используемые для управления интенсивностью излучения и шириной светового луча светильников путем выбора спецификаций массивов линз для конкретных типов светильников (светодиоды или модули менять не требуется).

### Светодиоды и светодиодные сборки

Классификационные параметры всех светодиодов и светодиодных сборок из каталога 2012 г. приведены в [4]. Формат статьи не позволяет представить таблицу из этого источника целиком. Отметим только, что все приборы разделены на группы, светодиоды в которых различаются между собой в основном цветовой температурой и индексом цветопередачи. Общие параметры групп выпускаемых компанией светодиодов устройств приведены в таблице 1. Отметим далее лишь их особенности.

#### LEMWH51

Внешний вид представителей группы LEMWH51 показан на рис. 5. Приборы бинуются по прямому напряжению и цветовым координатам. На рис. 6 приведена спектральная характеристика светодиода LEMWH51W80MZ00 с теплым белым свечением. При увеличении прямого тока до 420 мА световой поток увеличивается примерно на 50%. На рис. 7 приведена зависимость светового потока указанного светодиода от прямого тока.

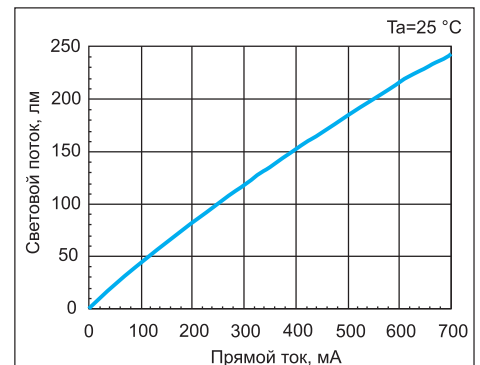


Рис. 7. Зависимость светового потока светодиода LEMWH51X75FZ00 от прямого тока

Таблица 1. Основные параметры групп светодиодов и светодиодных сборок, выпущенных компанией LG Innotek в 2012 г.

Параметры	LEMWH51	LEMWA33	LEMWS51	LEMWS59	LEMWM14	LEMWM11202MZ
Корпус, мм	SMD, 5,1×5,2×1	Миниатюрные керамические, 3,4×3,4×0,67	5,1×5,2×1	5,6×3×0,9	Сборки на керамических подложках размерами 14×14	
Способ монтажа	Оплавлением припоя при +260 °С	Оплавлением припоя инфракрасным излучением				
Максимальный прямой ток, мА	420	1500	100	150	480*, 600**	750
Мощность рассеяния, Вт	1,386	5,2	0,33	0,165	3,25* (без радиатора), 3,56**	7,8
Прямое напряжение, В		2,9–3,3	2,8–3,2	2,8–3,1	11,68–13*, 5,88–6,8**	9–10
Минимальный световой поток, лм		107 (при $I_{пр} = 350\ mA$ )***	22	23	288*, 365**	415 (350)
Диапазон рабочих температур, °С	-30...+85 (кристаллов макс. +110)	-40...+85 (кристаллов макс. +150)	-30...+85 (кристаллов макс. +110)		-30...+85	

Примечание: \* — для структур, показанных на рис. 13; \*\* — для структур, приведенных на рис. 14; \*\*\* — для LEMWA33X70FW100.

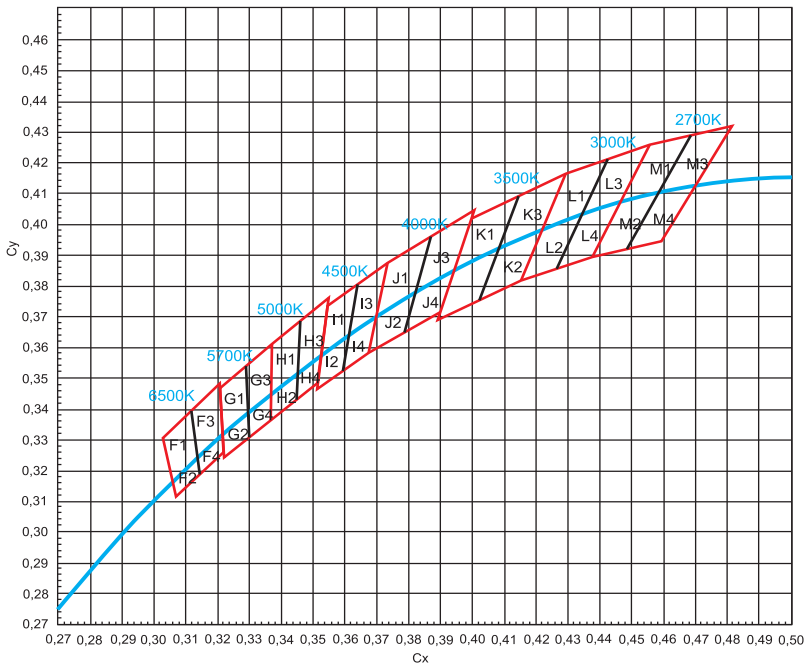


Рис. 8. Диаграммы цветности приборов группы LEMW51

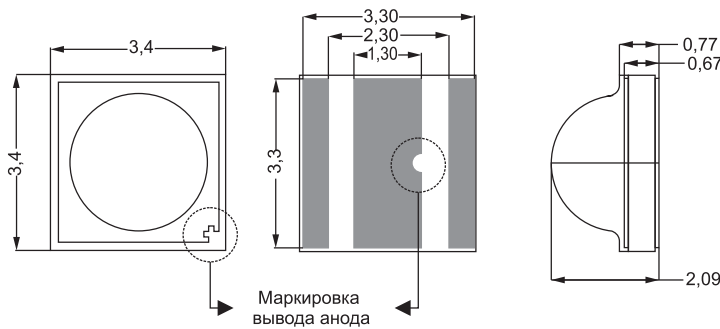


Рис. 9. Габаритный чертеж приборов группы LEMWA33

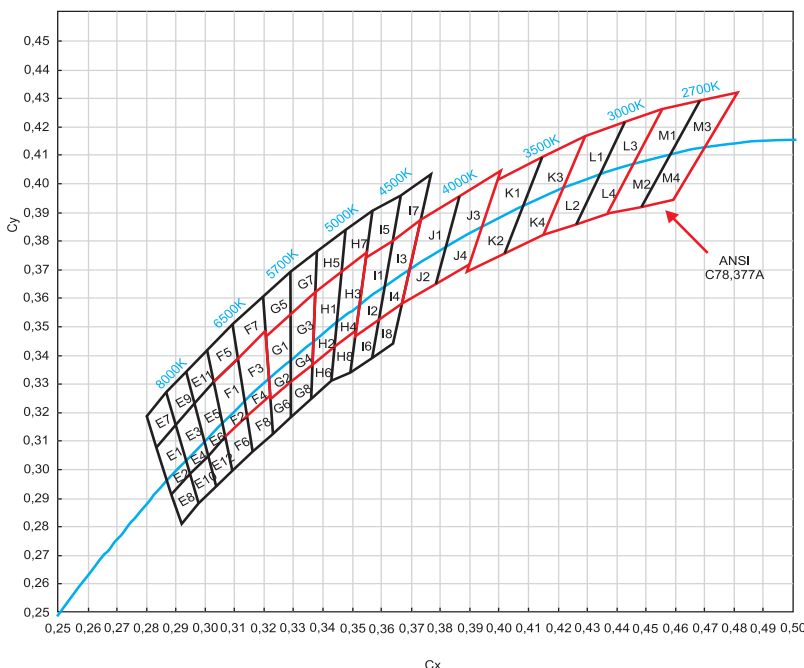


Рис. 10. Диаграммы цветности приборов группы LEMWS51

Каждый тип прибора в группе выпускается в четырех исполнениях по цветовым координатам (Rank of CIE), на рис. 8 приведена диаграмма цветных координат Cx, Cy для всех типов приборов группы, буквенные индексы на диаграмме соответствуют маркировке в наименованиях соответствующих приборов (таблица из [4]).

Приборы группы проходят ряд испытаний на надежность:

- Работа в нормальных условиях ( $T_{окр} = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $I_{пр} = 300\text{ mA}$ ), при повышенной влажности ( $T_{окр} = +60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $RH = 90\%$ ,  $I_{пр} = 240\text{ mA}$ ), повышенной температуре ( $T_{окр} = +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $I_{пр} = 140\text{ mA}$ ) и пониженной температуре ( $T_{окр} = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $I_{пр} = 300\text{ mA}$ ). Длительность испытаний 1000 ч, партия из 22 приборов.
- Хранение при высокой ( $T_{окр} = +100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и низкой ( $T_{окр} = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) температурах, при высоких температуре и влажности ( $T_{окр} = +85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $RH = 85\%$ ). Длительность испытаний 1000 ч.
- Вибропрочность (200 м/с<sup>2</sup>, 100–2000 Гц (свиппирование 4 мин.) — 48 мин., 3 направления) — четырежды.
- Термоциклирование ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}/30\text{ мин.}$ ,  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}/5\text{ мин.}$ ,  $100\text{ }^{\circ}\text{C}/15\text{ мин.}$ ,  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}/5\text{ мин.}$ ) — 100 циклов.
- Термошок ( $+100\text{ }^{\circ}\text{C}/15\text{ мин.}$  —  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}/15\text{ мин.}$ ) — 100 циклов.
- Устойчивость к воздействию статического электричества (тип НВМ:  $\pm 5\text{ кВ}$ ,  $R = 1,5\text{ кОм}$ ,  $C = 100\text{ пФ}$ ) — трижды.
- Устойчивость к пайке ( $T = +260\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 10 с) — дважды.

### LEMWA33

Светодиоды группы LEMWA33 (Datasheet на апрель 2012 г.) являются одной из последних разработок компании, приборы выполнены в миниатюрных керамических корпусах (рис. 9), изготавливаются на основе InGaN и отличаются низким тепловым сопротивлением  $R_{thj-s}$  (не более 6  $^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ ). В состав устройств кроме одиночных светодиодов входят защитные стабилизаторы. Устойчивость к статическому электричеству 2 кВ, в соответствии со стандартом JESD22-A 114-B.

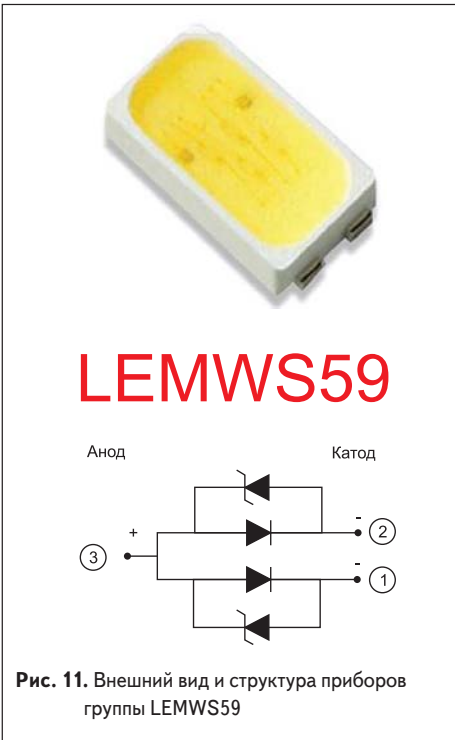
Приборы отличаются высокой эффективностью и возможностью существенного увеличения прямого тока без снижения надежности. Для LEMWA33X70FW100: 122 лм/117,4 лм/Вт ( $I_{пр} = 350\text{ mA}$ ); 218 лм/98,6 лм/Вт ( $I_{пр} = 700\text{ mA}$ ); 290 лм/87,6 лм/Вт (1 А); 383 лм/73,5 лм/Вт (1,5 А). При прямом токе 1,5 А потребляемая мощность составляет 5,2 Вт.

Приборы бинуются по световому потоку, прямому напряжению и цветовым координатам. Испытания на надежность проводятся в том же объеме, что и для приборов группы, рассмотренной выше.

### LEMWS51

Внешний вид светодиодов этой группы соответствует приведенному на рис. 5, однако структура приборов отличается: в их корпуса интегрированы один светодиод и один защитный стабилизатор. Сила света — 7,1–8,9 кд.

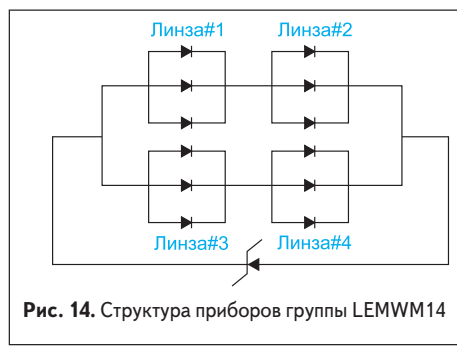
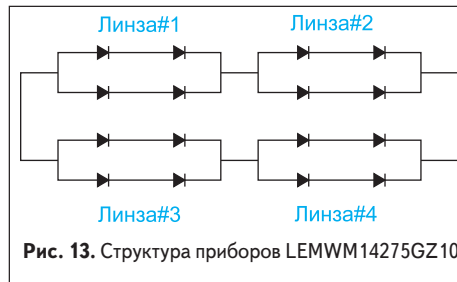
Светодиоды группы бинуются по прямому напряжению и цветовым координатам (4–8 исполнений), диаграммы цветности всех светодиодов группы показаны на рис. 10.



**LEMWS59**  
Внешний вид и структура светодиодов данной группы показаны на рис. 11.

**LEMWM14**  
LEMWM14 (рис. 12) — группа светодиодных сборок высокой яркости (Datasheets на февраль/март 2012 г.), конструктивно выполненных в виде четырех массивов светодиодов со сферическими линзами над каждым и установленных на керамических подложках размерами 14×14 мм (технология COB). На рис.13 приведена структура приборов LEMWM14275GZ10, LEMWM14X80LZ10, LEMWM14X80MZ10, LEMWM14X85HZ10, а всех остальных приборов группы — на рис. 14. Приборы отличаются низким тепловым сопротивлением «кристалл–подложка» (не более 4 К/Вт) и высокой эффективностью преобразования электрической энергии в световую: до 108 лм/Вт для приборов с нормальным белым светом ( $T_{цв} = 5000–5700$  К) и до 100 лм/Вт для приборов с теплым белым светом (2700–3000 К).

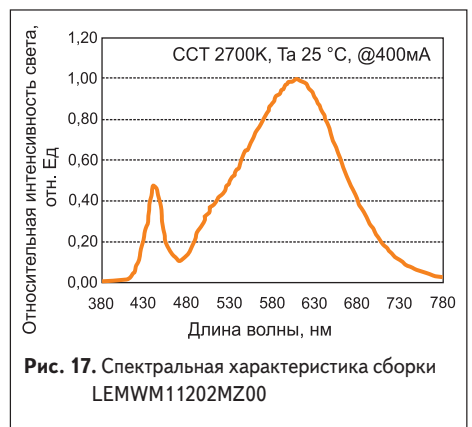
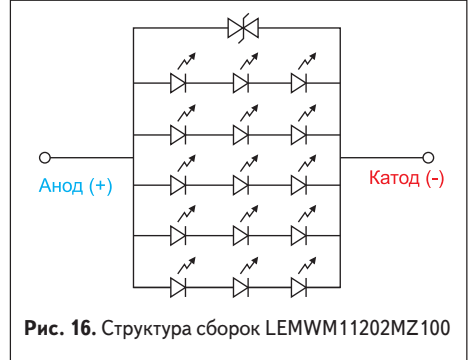
Световой поток, создаваемый сборками, существенно возрастает (до 50%) при увеличении прямого тока до максимальных значений, при этом надежность приборов остается высокой. Сборки бинуются по цветовым координатам (4–8 исполнений).



**LEMWM11202MZ**  
В группу входят мощные светодиодные сборки LEMWM11202MZ100 и LEMWM11375HZ00 (Datasheet на апрель 2012 г.). Внешний вид показан на рис. 15, структура сборок — на рис. 16. Приборы отличаются низким тепловым сопротивлением «кристалл–подложка» (не более 4 К/Вт) и высокой эффективностью преобразования электрической энергии в световую (100–115 лм/Вт), а также высоким качеством цветопередачи: типовые CRI 80 для LEMWM11375HZ00) и 83 для LEMWM11202MZ00 (спектральная характеристика прибора приведена на рис. 17).

**Светодиодные светильники, лампы и осветительные модули**

Компания выпускает ряд светодиодных осветительных модулей (светильников) для внутреннего и внешнего освещения. Параметры



этих устройств из каталога компании 2012 г. приведены в таблице 2. Укажем некоторые их особенности.

**Angula**  
Первый светильник непрямого верхнего света с возможностью регулировки ширины светового луча Angula (рис. 18). Прибор отмечен дипломом Red Dot Design Award Winner 2011 за компактную и инновационную конструк-

Таблица 2. Параметры светильников и светодиодных ламп LG Innotek из каталога 2012 г.

Назначение	Angula		DirectA Down	Светодиодные лампы			Bulb	Outdoor Module		
	светильник непрямого верхнего света		модуль верхнего света	для прямой замены ламп накаливания				для наружных источников света		
Потребляемая мощность, Вт	20		17	5	8	15	7,5; 12	12,5; 13,8; 16,3		
Световой поток, лм	980–1010	1120–1160	1100	325/350	520/560	975/1050	450/550/650/810	630–820	1110–1420	1100–1400
Цветовая температура, К	2700	3500	3000	3000/4000			2700/3000/5000	3000	5700	6500
CRI	92	88	80	80			75/80	>80	>70	>70
Световая эффективность, лм/Вт	54–56	62–64	65	65/70			60–73	50	86–88	





Рис. 18. Светильник AngulA

цию. Устройство может формировать световой пучок шириной 15, 30, 60, 90°.

**DirectA Down**



Рис. 19. Модуль DirectA Down

Стандартизованный светодиодный модуль верхнего света DirectA Down (рис. 19). LG Innotek является членом консорциума Zhaga, одной из главных целей которого является достижение взаимозаменяемости источников света различных производителей, что упрощает реализацию светодиодных приложений для общего освещения. Рассматриваемый светодиодный модуль удовлетворяет требованиям Zhaga по фотометрическим, электрическим, механическим и тепловым параметрам.

**Светодиодные лампы**



Рис. 20. Внешний вид светодиодных ламп

Семейство светодиодных ламп (рис. 20), предназначенных для непосредственной замены ламп накаливания. Конструкция приборов обеспечивает эффективный отвод тепла от внутренних светодиодных модулей, корпус из поликарбоната выполняет защитные функции — от поражения электрическим током и ожогов (корпус холодный). Лампы отмечены дипломами iF Design Award 2010, Product Design Award 2011.

**Bulb**

Светодиодные лампы Bulb, выполненные по технологии «чип-на-плате» (Chip On Board,

COB), предназначены для непосредственной замены ламп накаливания с цоколем E27.

**Outdoor Module**



Рис. 21. Модуль Outdoor Module

Светодиодный модуль для наружных источников света Outdoor Module (рис. 21). Входной ток — 500–650 мА. Приборы предназначены для применения в фонарях для освещения шоссе (рис. 22), улиц (рис. 23), парков (рис. 24), стадионов, паркингов и т. п. LG Innotek предлагает различные типы осветительных устройств мощностью 80–175 Вт (рис. 25) с различными диаграммами распределения силы света (круг 100/140°; квадрат 140° с узкой диаграммой 23 и 30°; с несимметричной диаграммой 135×60°/160×70°).

**Литература**

1. <http://ledsmagazine.com/news/8/2/29>
2. <http://www.electroiq.com/articles/sst/2012/02/top-10-led-manufacturers-in-2011.html>
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/LG\\_Corp](http://en.wikipedia.org/wiki/LG_Corp)
4. <http://ledlighting.lginnotek.com/products/pkg.jsp>



Рис. 22. Освещение шоссе



Рис. 23. Освещение улиц



Рис. 24. Освещение паркового комплекса в г. Бучен, Южная Корея



Рис. 25. Осветительные устройства LG Innotek