

Конкурс красоты «Мистер LED»

*Красота спасет мир.
«Идиот» Ф. М. Достоевский.*

➔ Трудному выбору «идеального» светодиода для архитектурной подсветки фасадов посвящается...



Конкурсы красоты бывают разные: «Мисс Вселенная», «Мисс Мира», «Мисс Земля», «Мисс Интернешнл», «Мисс Америка», «Мисс Национальный Престиж», «Краса России», «Мисс Бабушка Бразилии», «Мисс слон», «Мисс бум-бум», «Мисс силовые структуры»... Также бывают конкурсы красоты среди мужчин как правильной, так и неправильной, и даже альтернативной ориентации. Кроме этого, бывают конкурсы красоты и среди неодушевленных предметов, например конкурс красоты автомобилей. Но среди этого феерического соперничества за красоту до сих пор никто не проводил конкурса красоты среди светодиодов белого свечения...

Мы решили исправить эту вопиющую несправедливость и публично сравнить «красоту и стать» этих новомодных источников света. Вероятно, идея покажется странной, потому что почти все светодиоды выпускаются в нескольких типах стандартных корпусов и по внешнему виду отличить светодиод Cree от светодиода Samsung сможет только редкостный специалист! Да и специалисты понимают разницу между светодиодами только после изучения и сравнения таблиц и графиков в длинных и скучных технических дата-шитах. Тем не менее мы утверждаем, что есть визуальная и эстетическая разница между светодиодами. А если быть точнее, мы говорим о разнице в том, как выглядит световой поток, который излучают светодиоды при номинальном токе питания и штатных условиях работы.

Почему эта красота может быть важной? Потому что есть много задач в осветительном бизнесе, где качество света важнее уровней освещенности и энергоэффективности. Пожалуй, самый яркий и рентабельный пример — архитектурное освещение фасадов. От качества распределения света и цвета на фасаде зависит конечный результат — получение прибыли от реализации очередного проекта, поиск и нахождение последующих заказов. Неудачно освещенный фасад — это антиреклама, ибо все ошибки исполнителя и недочеты проектировщика видны издали. И наоборот, удачно освещенный фасад — хорошая реклама, которая показывает умение специалистов подчеркивать архитектурные достоинства фасадов в ночное время с помощью света. Мы не будем здесь говорить о том, как правильно «наводить световой макияж». Мы рассмотрим вопрос качества света пары «светодиод — вторичная линза»,

из которых состоит любой светодиодный архитектурный светильник.

Качество светораспределения в большей степени определяется параметрами вторичной оптики — линз и рефлекторов, а также конструкцией светильника. А вот качество распределения цвета в световом пятне происходит из конструктивных особенностей светодиода.

Типичные белые светодиоды конструктивно состоят из полупроводникового кристалла синего свечения, на который тем или иным способом нанесен слой желтого люминофора. Если упрощенно изложить процессы, происходящие во время работы светодиодов, то можно сказать так: — желтый люминофор частично поглощает поток синего света и переизлучает поглощенную световую энергию в желтом диапазоне оптического спектра. Суррогатную смесь синих и желтых лучей человеческий глаз и мозг воспринимают как белый свет. Современные технологии замещения натурального суррогатным стали столь развитыми и широко распространенными, что, зайдя в любой продуктовый магазин, мы можем наблюдать суррогатное мясо из сои под суррогатным белым светом, состоящим из синего и желтого цвета.

Возвращаясь к нашим светодиодам, нужно сказать, что угловая равномерность распределения синего и желтого цвета светодиода зависит от нескольких факторов. Самые значимые из них —

равномерность толщины слоя люминофора, нанесенного на кристалл [1], и то, как конструкция светодиода обеспечивает совпадение и подобие световой диаграммы синего света от кристалла и световой диаграммы от слоя желтого люминофора [2]. Дело в том, что синий свет кристалла излучается изотропно и вверх, и вниз. А слой люминофора — это светорассеивающий материал, с косинусной (шарообразной) диаграммой. И для того чтобы выровнять первичные световые диаграммы кристалла и люминофора, в конструкцию светодиода приходится добавлять специальную первичную оптику в виде линзы или отражателя. Дополнительные элементы в конструкции светодиода значительно уменьшают цветовые разводы в световом пучке, но увеличивают себестоимость светодиода.

К сожалению, многие современные массовые светодиоды были экономно спроектированы без учета качества цветораспределения. Такие светодиоды не могут обеспечить одинакового рас-

пределения желтых и синих лучей света во всех направлениях. Наглядно этот эффект можно увидеть на рис.1. Такой эффект усиливается неудачно подобранной оптикой, и итоговый результат неприятно удивляет цветовыми разводами (аберрациями) в пятне света(рис. 2) Для сравнения на рис. 3 показана фотография светового пятна качественного светодиода.

Для того чтобы сделать качественный светильник для архитектурной подсветки фасадов или интерьерного освещения, приходится тщательно подбирать пару «светодиод-линза», сочетание которых дают наименьшие цветовые aberrации. Подбор светодиода — дело сложное, потому как внешне светодиоды от разных производителей выглядят одинаково, а в большинстве даташитов нет графиков с угловой равномерностью распределения цвета. Наш опыт, который «сын ошибок трудных», говорит о том, что светодиоды от разных производителей «по-разному светят». Понятно, что причина столь большой визуальной разницы в том, что разные производители владеют разными патентами и используют разные технологии для изготовления светодиодов в общем и нанесения люминофора в частности. И помимо технических и технологических проблем, при выборе светодиода есть еще одна сложность — отсутствие объективных параметров и методик оценки цветовых aberrаций. Оценки цветовой неравномерности субъективны, на уровне «нравится — не нравится». А на вкус и цвет, как известно, товарищей нет... Для того чтобы помочь производителям светодиодных светильников сравнить белые светодиоды по качеству цветораспределения и выбрать наилучший, мы решили провести конкурс красоты «Мистер LED».

В нашем конкурсе красоты участвуют разные светодиоды, представленные в таблице 1. Во время испытаний светодиоды были запитаны током 350 мА и работали в штатном температурном режиме. Чтобы оценить цветовые aberrации, с помощью Nikon 5000 были сделаны фотографии яркостных карт «факела» светодиодов на листе белого ватмана. Данный ракурс был выбран исходя из того, что в архитектурном освещении светильники установлены на здании и, как правило, подсвечивают вертикальные поверхности фасадов. И самые интересные световые эффекты возникают именно в таком ракурсе наблюдения.

Для получения необходимых световых эффектов в архитектурных светильниках при

освещении фасадов применяют светодиоды с линзами. И чем меньше угол излучения формирует линза, тем заметней становятся огрехи цветораспределения. Для того чтобы наш конкурс красоты имел практическую пользу, мы фотографировали конкурсантов



Рис. 1. Пример светового пятна nonpoint-светодиода с высокой неравномерностью цветности



Рис. 2. Цветовая неравномерность в пятне nonpoint-светодиода с линзой

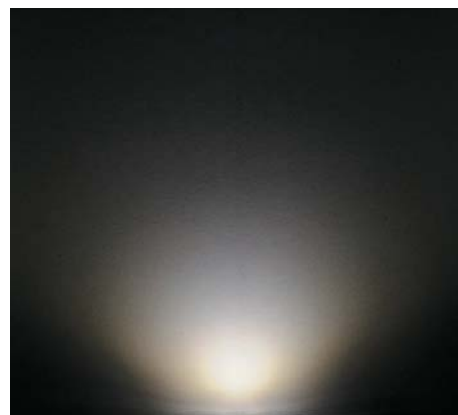



Рис. 3. Пример светового пятна с высокой равномерностью цветности

Таблица 1. Участники конкурса красоты

№ конкурсанта	Светодиод	Корпус	Тцв	Ra	Производитель
1	XQEAWT-00-0000-00000LCE5	1616	4000	80	Cree
2	XQEAWT-H0-0000-00000LDE5				Hongli
3	HL-C3535K9W1EA(Ra2)-FC	LG Innotek			
4	LEMWA33X80JX300A	3535		70	Lumileds
5	Luxeon CZ L1CU-4080000000000				2020
6	Luxeon V2 L1V2-4070000000000	3535 CSP	80	Osram	
7	OSLON SSL GIANT Color-over-Angle	3030			
8	OSCONIQ P3737 3W - 1	3737			
9	OSCONIQ P3737 3W - 2				
10	OSCONIQ P3737 2W	2424 CSP	70	Samsung	
11	LH181B SCP8TTF1HEL1TKM34E				
12	HL-C3535K9W1EA(Ra1)-FC	3535	5000	80	Hongli
13	LEMWS36X80HZ2B00	3030			LG Innotek
14	LEMWA33X70HX100A (XA)	3535			
15	Luxeon Z ES LXZ2-5790-3	1620	5700	90	Lumileds

Таблица 2. Основные параметры линз HEIDI и OLGA

Название семейства	Внешний вид	Габариты, мм	Световые углы, °	Примечание
HEIDI		Диаметр: 22 высота: 12	8/10/15/25/30/45 Овал 35×60 Овал 50×11	Линзы удобны для создания прожекторов. Позволяют герметично защитить светодиоды линзой
OLGA		Диаметр: 32 высота: 20	11/30/40	Специальная оптика для равномерного светового и цветосмещения белых светодиодов

как «голышом», так и «одетыми» в разные узкоградусные линзы от известного производителя вторичной оптики для светодиодов компании LEDiL (табл. 2).

В результате фотосессии для каждого светодиода был получен набор фотографий. В рамках этой статьи мы не сможем опубликовать весь массив имеющихся снимков, да и потери цветových оттенков

при типографской печати могут быть существенными. Поэтому все фотографии в виде презентации выложены для свободного скачивания здесь [9].

А в статье мы приведем примеры полученных результатов и поясним структуру изложения материала в презентации. Важный момент: в этом конкурсе красоты мы показываем только фотофакты и не даем оценок

полученным результатам. Субъективно оценивать красоту светодиодов будет самое строгое жюри — это читатели журнала. Они будут голосовать в пользу того или иного «мистера LED» рублями, и победитель конкурса будет определен рынком стихийно, спустя какое-то время.

Итак, какой же фоторяд представлен в презентации для каждого светодиода?

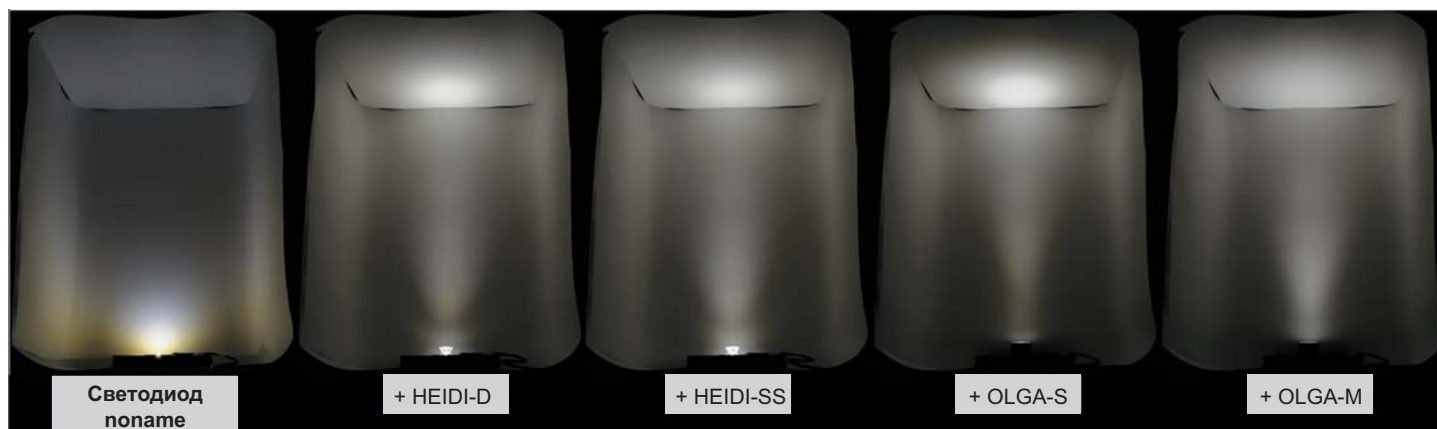


Рис. 4. Фотографии светового факела попате-светодиода с высокой неравномерностью цветности

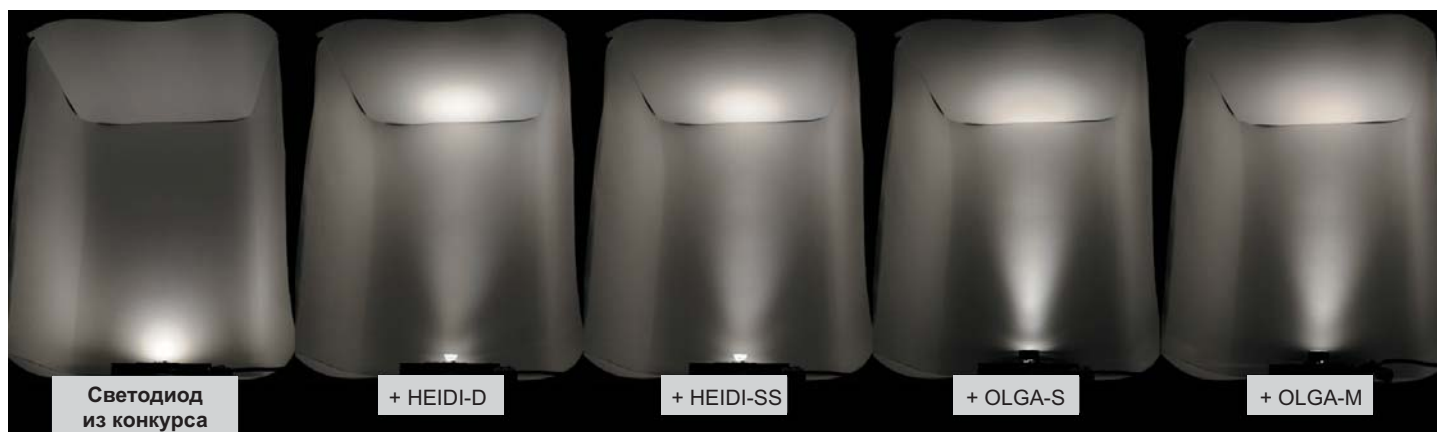


Рис. 5. Фотографии светового факела конкурсного светодиода с высокой равномерностью цветности



Рис. 6. Линза с холдером может помочь «спрятать» желтые пятна

Покажем два примера.

Негативный пример — фотографии светового факела азиатского понапе-светодиода, который не участвует в конкурсе (рис. 4) Позитивный пример — фотографии одного из наших конкурсантов (рис. 5).

Для фотосессии конкурсантов использовались линзы LEDiL семейств HEIDI и OLGA (табл. 2) Будет правильным пояснить, почему были выбраны именно они.

В семействе линз HEIDI есть три линзы с узкими углами излучения:

1. CA11663_HEIDI-RS (последние буквы RS — real spot) — это линзы с гладкой поверхностью с самым высоким КПД и самой высокой осевой силой света, но ради достижения высоких значений оптической эффективности и «острой заточки луча» пожертвовали качеством смешения цвета внутри светового пятна.
2. CA12242_HEIDI-SS (последние буквы SS — smooth spot) — это линзы с отполированной поверхностью, с «подушечками», благодаря которым свет и цвет распределяются более равномерно в пределах светового пятна, но осевая сила света у нее меньше, чем у -RS, и угол излучения становится чуть шире.
3. CA11264_HEIDI-D (последняя буква D — diffused spot) — это линзы с диффузной поверхностью. По сравнению с -SS имеют почти такой же угол излучения, а значение осевой силы света ниже. Цветосмешение происходит благодаря тому, что верхняя поверхность имеет легкую диффузную структуру.

Поскольку наша задача заключается в поиске сочетаний светодиод-линзы для достижения наилучшей равномерности распределения цвета, то оптику с гладкой поверхностью RS мы не рассматривали.

Линзы семейства OLGA — это новая специальная оптика для архитектурного освещения. При их разработке специалисты компании LEDiL уделили большое внимание качеству цветосмешения. Для конкурса светодиодной красоты мы взяли линзы CA16127_OLGA-S (с углом 10°) и CA16128_OLGA-M (с углом 30°).

Итак, какой же фоторяд представлен в презентации для каждого светодиода?

Покажем два диаметрально противоположных примера. Один вариант светодиода с высокой неравномерностью цветности, который не участвует в конкурсе (рис. 4). Другой — пример одного из наших конкурсантов с высокой равномерностью (рис. 5): на этих фотографиях хорошо видно, что чем более равномерно распределен цвет у «голого» светодиода, тем меньше цветовых aberrаций при работе светодиода с линзой.

Если посмотреть на результаты всех фотографий конкурса, то можно отме-

тить несколько интересных технических моментов:

- Линзы HEIDI-SS или с HEIDI-D хорошо перемешивают свет в большинстве рассмотренных пар, поэтому для архитектурного освещения они являются целевыми. Эти линзы хорошо работают со светодиодами в корпусах типа 3535.
- Линзы семейства OLGA так же хорошо смешивают цвета белых светодиодов, но могут работать и с более крупными светодиодами, такими как Cree XHP70 с размером корпуса 7×7 мм.

Также в процессе фотографирования было замечено, что в ряде случаев желтые разводы возле светодиода можно убрать, применив линзы с непрозрачным холдером (рис. 6). Кроме того, цветовые неравномерности в световом факеле светодиода с линзой можно уменьшить, отодвигая источник свет от вертикальной стены. Это хорошо проиллюстрировано на рис. 7.



Рис. 7. Сглаживание цветовой неравномерности при удалении источника света от стены

По итогам проведенных исследований можно сделать такие выводы:

1. При проектировании светодиодных светильников для архитектурных и интерьерных применений нужно тщательно подбирать такие белые светодиоды и линзы, которые дают наименьшие желто-синие пятна и полосы.
2. Практически у всех известных производителей в продуктовой линейке есть светодиод с хорошей угловой равномерностью распределения цвета.
3. При использовании типового стандартного светодиода в большинстве случаев неравномерности распределе-

ния цвета можно устранить подбором правильных линз.

Литература

1. Sommer C., Wenzl F. P., Hartmann P., Pachler P., Schweighart M., Leising G. Tailoring of the color conversion elements in phosphor-converted high-power LEDs by optical simulations // IEEE Photon. Technol. Lett. 2008. Vol. 20. No. 5.
2. Liu Z., Liu S., Wang K., Xiaobing L. Optical Analysis of Color Distribution in White LEDs With Various Packaging Methods // IEEE Photon. Technol. Lett. 2008. Vol. 20. No. 24.
3. Hiscocks P. D. Measuring Luminance with a Digital Camera. www.ee.ryerson.ca/~phiscock/astrometry/light-pollution/luminance-notes-2.pdf
4. www.LEDiL.com/product-card/?product=CA11264_HEIDI-D
5. www.LEDiL.com/product-card/?product=CA12242_HEIDI-SS
6. www.LEDiL.com/product-card/?product=CA16127_OLGA-S
7. www.LEDiL.com/product-card/?product=CA16128_OLGA-M
8. www.LEDiL.com/product-card/?product=CA16129_OLGA-W
9. www.yadi.sk/i/oeKvFI8ozxqvNw