

Екатерина Ильина | ekaterina.ilyina@LEDiL.com
 Сакен Юсупов | saken.jusupov@LEDiL.com

Конкурс красоты «Мисс Линза — 2019»



В прошлом номере журнала мы опубликовали статью, посвященную конкурсу красоты «Мистер LED», в которой сравнивали степень пригодности различных белых светодиодов для применения в архитектурных и интерьерных светильниках [1]. В статье были рассмотрены основные причины возникновения цветовых аберраций у архитектурных светильников и показано, что основной вклад в появление желтых и синих полос и пятен в лучах белых светильников дают именно светодиоды. А точнее — неравномерность нанесения люминофора на светоизлучающий кристалл светодиода и несовпадения первичных диаграмм излучения синего кристалла и желтого люминофора. Специалисты давно осведомлены об этой проблеме, и практически все известные производители светодиодов уже начали выпускать специальные модели светодиодов color over angle, которые более равномерно распределяют свет и цвет по всем углам диаграммы излучения. Для полного понимания того, что и как влияет на равномерность распределения цветности архитектурных и интерьерных светильников по углам излучения, посмотрим на график (рис 1), описывающий зависимость распределения оттенков белого света светодиода без вторичной оптики и светодиода с линзами. На графике значения цветовой температуры (в градусах Кельвина) отложены по вертикальной оси, углы зрения на плоскость с источником света обозначены по горизонтальной оси, а данные изменений для светодиода без вторичной оптики и того же светодиода с различными линзами отображены линиями разных цветов.

Эти данные наглядно демонстрируют, что светодиод без вторичной оптики белого свечения (красная линия на графике) может давать разброс в оттенках белого цвета в зависимости от угла излучения в среднем около 1000, а в некоторых случаях до 2000 К. Применение оптики уменьшает диапазон абсолютных значений между минимальным и максимальным разбегом цветности, но увеличивает контрастные границы переходов между разными цветовыми оттенками. И чем более узкий пучок света формируется оптикой, тем больше этот контраст заметен. Для того чтобы устранить такие цветовые аберрации, производители линз прибегают к различным оптическим ухищрениям и применяют разные технологические приемы.

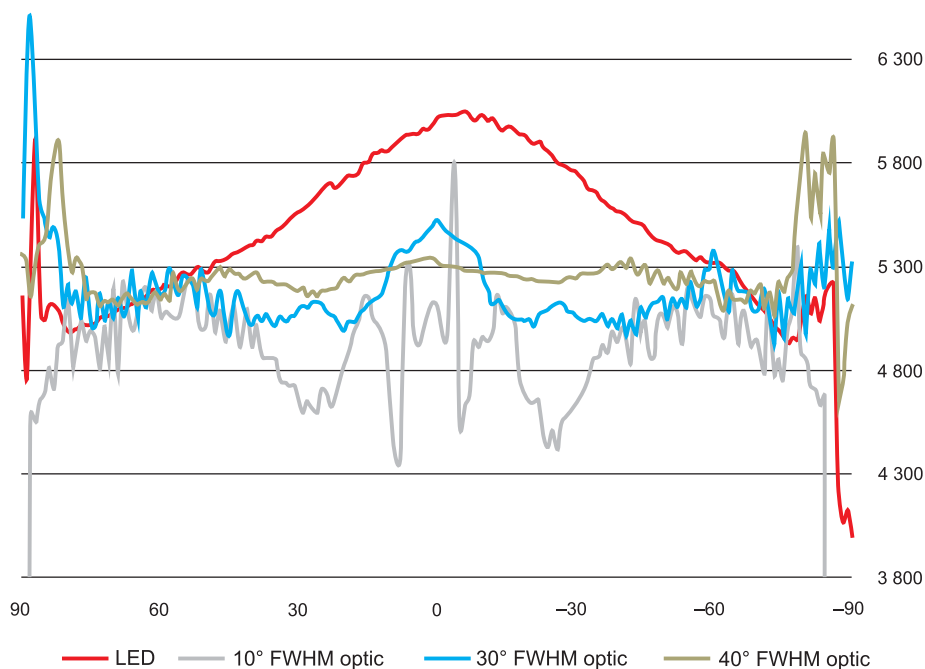


Рис. 1. График зависимости распределения цветовой температуры от угла излучения



Рис. 2. Фото тестового светодиода с большими цветовыми aberrациями

Неискушенному пользователю бывает непросто сориентироваться в разных моделях и выбрать наилучшую линзу под конкретный светодиод, корпус светильника и задачу. Конечно, лучший подсказчик — собственный опыт, который «сын ошибок трудных». Но осмысленный опыт обычно накапливается годами многочисленных тестов разных сочетаний линз и светодиодов и требует систематического подхода к анализу результатов тестирования, их хранения и корректного сравнения разных данных. Для того чтобы сэкономить годы жизни производителям светильников, мы решили провести конкурс красоты «Мисс Линза».

Цель конкурса — показать, как разные линзы работают с одним и тем же светодиодом. И для наглядности тестов выбрали светодиод с наихудшими параметрами цветовой неравномерности. Чтобы не создавать антирекламу производителю этого светодиода, мы не будем называть его имя, а просто покажем, как он работает без оптики. На рис. 2 изображено фото распределения цвета и света по задней стенке и на потолке белого ящика, куда был установлен указанный светодиод. Такой ракурс позволяет оценить не только «факел» (распределение по стенке) от источника, но и цветосмещение в световом пятнышке, наблюдаемом на потолке, что важно для комплексной оценки качества света.

Для конкурса мы специально отобрали из каждого семейства линз самую узко-

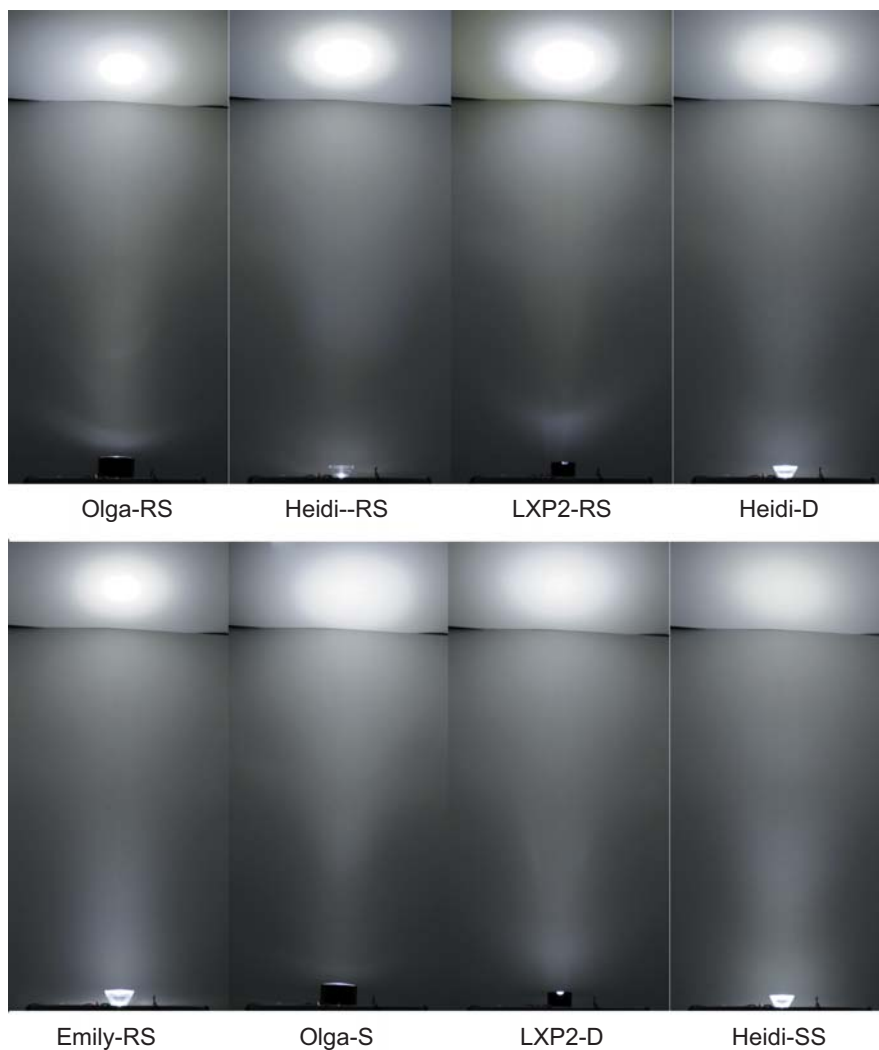


Рис. 3. Цветосмещение различных линз с тестовым светодиодом (1 этап)



Рис. 4. Вид фрагмента оптической поверхности линз

градусную оптику, поскольку именно на узких углах сильнее всего проявляются контрасты в распределении цветов.

Среди претендентов на первое место и корону «Мисс Линзы» в конкурсе участвуют линзы компании LEDiL в порядке возрастания типового угла излучения:

- CA16672_OLGA-RS (~ 9°);
- CA11663_HEIDI-RS (~ 8°);
- CA11481_LXP2-RS (~ 9°);
- CA11264_HEIDI-D (~ 10°);
- CA12062_EMILY-D (~ 11°);
- CA16127_OLGA-S (~ 11°);
- CA11482_LXP2-D (~ 14°);
- CA12242_HEIDI-SS (~ 15°).

Посмотрим, как эти линзы смешивают цвета нашего тестового светодиода (рис 3).

Глядя на этот фоторяд, можно заметить, что линзы с окончанием -RS (real spot) практически не смешивают свет внутри цветового пятна. В световых факелах и пятнках явно различимы световые и цветовые полосы. Это неудивительно, так как при разработке линз с окончанием -RS финские инженеры старались обеспечить максимальную осевую силу света. Остальные параметры оптики были вторичными.

Для того чтобы обеспечить качество и равномерность свето- и цветораспре-

деления, в каждом семействе линз LEDiL есть специализированные узкоградусные линзы, обозначаемые окончаниями -S, -SS и -D. Они имеют специальную структуру на оптических поверхностях (рис. 4), которые равномерно распределяют свет и цвет. Это хорошо видно на фотографиях световых факелов линз CA11264_HEIDI-D, CA12062_EMILY-D, CA16127_OLGA-S, CA11482_LXP2-D, CA12242_HEIDI-SS.

Итак, полуфинал нашего конкурса красоты можно считать завершенным, часть претенденток на титул «Мисс Линза» отсеялась, и теперь в конкурсе участвуют линзы, изначально спроектированные для качественного цветосмещения.

Пятачки света выглядят очень прилично по сравнению с -RS. Пропали желтофиолетовые кольца, а цвет и свет достаточно перемешан. Несмотря на то что в факелах присутствует некоторая неравномерность по пятну, переход от теплого к холодному достаточно плавный, к тому же важно, что здесь нет явной зебры. А это означает, что специальная структура поверхности справляется со своей работой. Кстати, потолок нашей тестовой белой коробки не выглядит явно фиолетовым, как в случае со светодиодом без вторичной оптики. Таким образом, линзы перемешивают

свет и усредняют $T_{цв}$ тестового светодиода внутри светового пучка.

Для того чтобы выбрать наилучшую из них, ужесточим требования к нашим конкурсанткам. Посмотрим, как они могут дефилировать в «разных нарядах» (с какими типоразмерами светодиодов эти линзы способны работать). Будем примерять к нашим линзам разные светодиоды компании Cree, так как в последние годы именно они задают тренды и формируют индустриальные стандарты для светодиодов, наиболее популярных в архитектурной подсветке. Cree очень активно рекламирует свою продукцию, их светодиоды на слуху, и почти все светотехники понимают, о каких светодиодах идет речь, когда упоминается название XPG, и легко находят габаритные аналоги от других производителей светодиодов. Итак, начнем примерять «платья»...

- Линза CA11482_LXP2-D механически совместима со светодиодами типа XML и меньшими по габаритам, но оптически оптимизирована для работы со светодиодом XP-E.
- Линзе CA12242_HEIDI-SS к лицу светодиоды размерами от XP-G3 и меньшие.

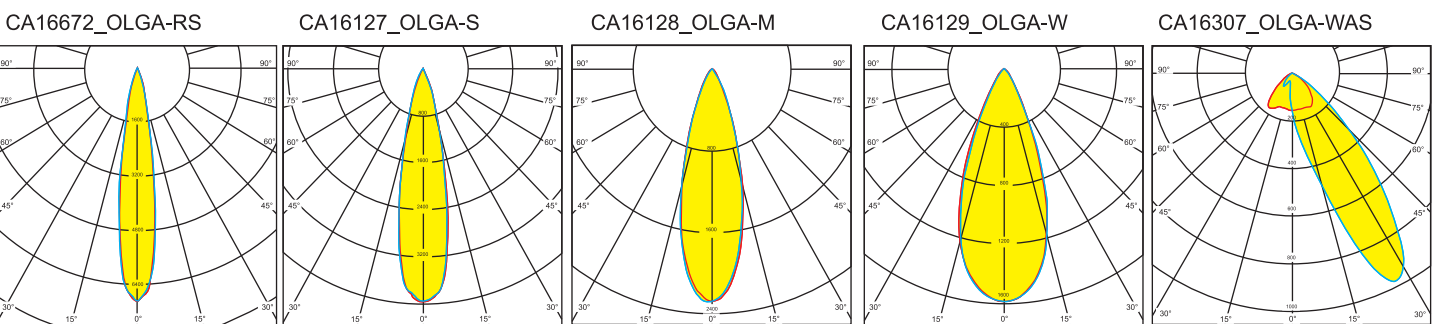


Рис. 5. КСС линз OLGA

- Линза CA12062_EMILY-D уверенно работает со светодиодами XML XML-HD.
- Линза CA16127_OLGA-S может работать с самыми мощными из дискретных светодиодов Cree XHP50.2.

Учитывая то, что светильники для архитектурной подсветки фасадов должны иметь минимальные габариты и вес, то использование одного мощного светодиода предпочтительнее применению десяти слабых. Исходя из этого, мы отдаем почетное первое место в нашем конкурсе линзе CA16127_OLGA-S.

Рассмотрим поближе достоинства «фаворитки». В семействе линз OLGA есть линзы с разными углами: OLGA-RS, OLGA-S, OLGA-M, OLGA-W, диаграммы показаны на рис. 5.

Этого набора КСС достаточно для решения всех типовых задач, которые возникают в архитектурной подсветке. Финские разработчики оптики не зря уделили большое внимание именно качеству цветосмещения данных линз.

Посмотри поближе на структуры поверхностей некоторых линз OLGA (рис. 6).

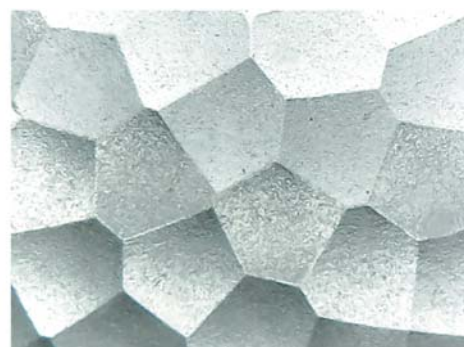


Рис. 6. Вид фрагмента оптической поверхности OLGA-S (слева), а OLGA-M (справа) через микроскоп

На примере линз OLGA посмотрим, как работают их оптические поверхности. Для этого исследуем спектральный состав излучения по оси линзы и под углом, близким к углу излучения (FWHM). Для измерения использовался спектрометр компании Asensetek. Эти результаты лучше всего проиллюстрируют работу линзы.

Из рис. 7 видно, что у тестового светодиода по оси соотношение синего пика

к желто-зеленому примерно 1:0,5, а в направлении FWHM — соотношение 0,9:1. В случае с линзой OLGA-RS и OLGA-S соотношение 1:0,67 и 1:0,74 соответственно. А с линзой OLGA-M хорошо видно, что спектры максимально похожи и соотношения 1:0,67 и 1:0,68. Таким образом, линзы OLGA-M смешивают свет так, что спектральный состав излучения практически одинаков и слабо зависит от угла наблюдения этого излучения.

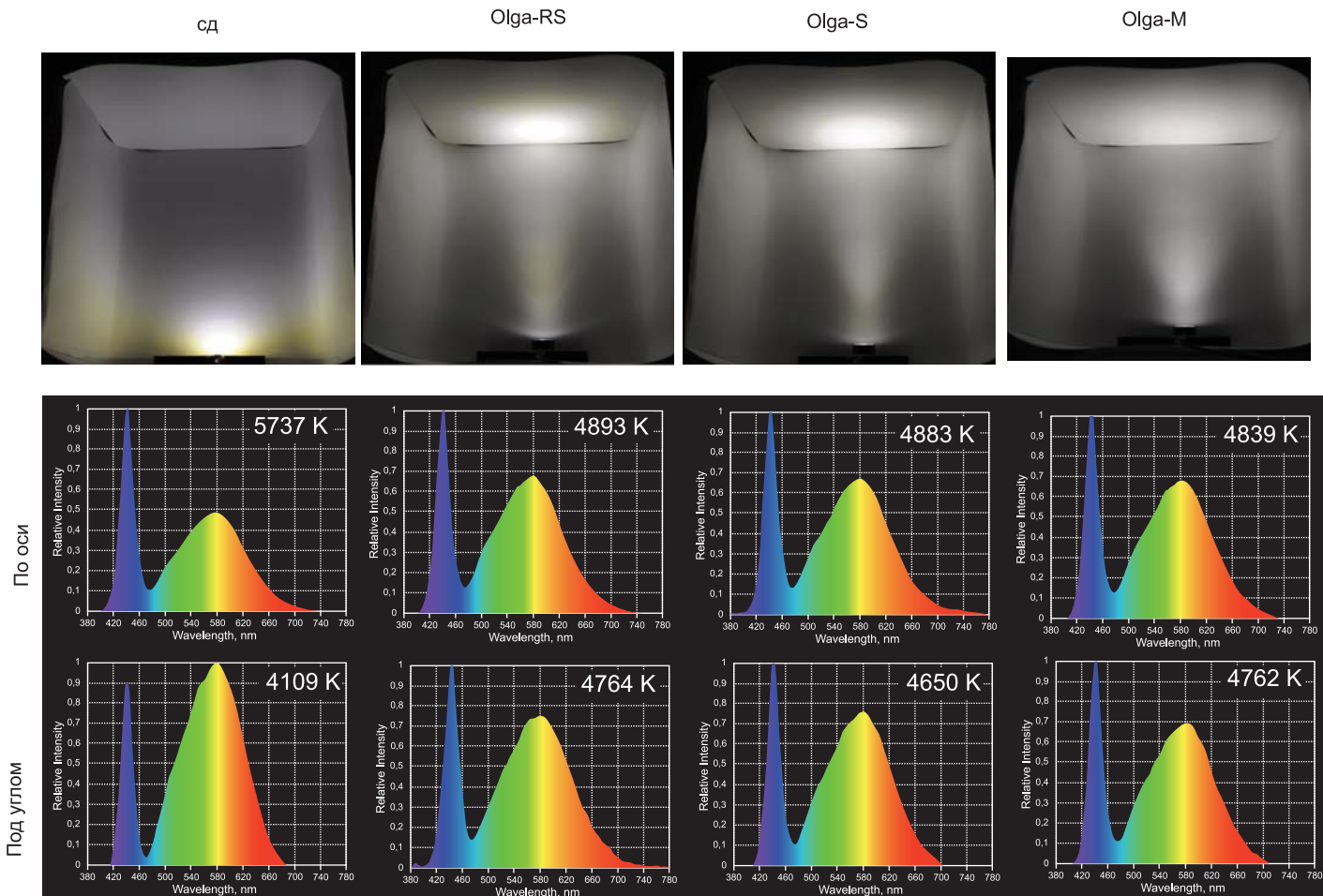


Рис. 7. Фото линз в цветосмесительном ящике и спектральный состав их излучения по оси и под углом, близким к углу излучения (FWHM)



Рис. 8. Фото победителя конкурса — линза OLGA

Вывод

В рамках проведенного конкурса мы показали, как разные линзы LEDiL обрабатывают и сглаживают неравномерности света и цвета белых светодиодов. При создании оптики финские инженеры уделяют большое внимание качеству светораспределения и цветосмещения. Разные по габаритам семейства линз позволяют применять различные оптические технологии для того, чтобы размыть цветовые aberrации. Понятно, что чем больше размер линзы, тем больше места у разработчика для размещения нужных оптических структур. Поэтому линзы семейства OLGA, как самые большие, показали лучший результат по качеству распределения цвета и отсутствию цветных пятен. В рамках нашего конкурса мы присуждаем корону королевы красоты линзам OLGA (рис. 8).

Важно помнить, что мы проводили конкурс красоты для разных линз с одним тем же светодиодом 3535. Линзы OLGA могут работать с гораздо более крупными светодиодами, типа Cree XHP50, Luxeon M, Osram OSCONIQ P 7070 и обеспечивают хорошее качество цветосвещения. Это позволяет создавать малогабаритные архитектурные и интерьерные светильники с большим световым потоком и очень хорошим качеством света.

Благодарности

Авторы выражают огромную благодарность Михаилу Червинскому (mchervinsky@cree.com) за предоставление спектрометра. ●

Литература

1. Юсупов С. Э., Ильина Е. И. Конкурс красоты «Мистер LED» // Полупроводниковая светотехника. 2019. № 1.