

Свет, цвет и оптика LEDiL

➔ Многокристальные RGBW-светодиоды с обычной вторичной оптикой создают хорошо заметные глазу артефакты. Эти артефакты возможно сгладить. Как? С помощью технологий смешения цвета. Именно об этих технологиях и пойдет речь в статье.



Наш мир полон света и цвета. В солнечном свете смешано очень много разных цветов, их больше, чем обещают в рекламе игровых мониторов. Цвета наполняют и пронизывают всю нашу жизнь. Один цвет позволяет расслабиться, другой — настроиться на работу. Сами по себе предметы не меняют цвет по нашему желанию, но мы можем менять их цвет за счет освещения, чтобы создать определенную атмосферу. Ночью искусственный свет позволяет любоваться красотой городов. В последние годы светодиодные светильники находятся на пике популярности в архитектурном освещении, поскольку полупроводниковые источники света дольше работают, проще управляются (по уровню яркости и изменения цвета), в спектре отсутствует ИК- и УФ-излучение, при этом они потребляют меньше электричества и являются более экологичными по сравнению с другими технологиями.

Цветной свет — мощнейший инструмент в руках светодизайнера. Существующая практика цветного освещения показывает, что насыщенный и интенсивный цветной свет практически нейтрализует цвет фасада и его элементов и позволяет буквально рисовать новыми красками и создавать новый облик фасадов. Здание словно одевается в новую одежду и приобретает новый узнаваемый и запоминающийся вид.

С одной стороны, цвет характеризует объект, с другой — создает ощущение. Это понятие субъективное, потому что цвет воспринимается нашей зрительной системой и преобразовывается в ощущение нашим мозгом, которое может меняться, исходя из условий наблюдения, и зависит от адаптации глаза (настройки под определенные условия освещения), от окружения и даже от нашего настроения. Именно поэтому все эксперименты с цветом очень субъективны.

Рассмотрим более подробно составляющие элементы светильника. Первый — это источник света. Минимальный набор цветов в таком светильнике — красный (R), зеленый (G) и синий (B). Одно из популярных направлений — многокристальные светодиоды, у которых в одном корпусе сочетается сразу четыре кристалла: красный, синий, зеленый и белый. Казалось бы, достаточно трех цветов, чтобы создать любой цвет. Но не все так просто. Поскольку светодиоды разного цвета сложно уравнивать по световому

потоку (важное условие для получения чистого белого), то для воспроизведения белого цвета и увеличения разнообразия цветовых эффектов RGB-светодиод дополняют четвертым кристаллом белого (W) свечения. В цветовой модели RGB каждый базовый цвет характеризуется яркостью, которая может принимать 256 значений — от 0 до 255. Смешивая цвета в различных пропорциях и изменяя яркость каждой составляющей, можно получить $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$ цветов.

Речь идет об архитектурном освещении, поэтому при создании нового «наряда» здания очень важно иметь под рукой не только различные цвета и оттенки, но и управлять размерами «мазков». Для этого нужны различные «кисточки». Этими кисточками служат линзы и рефлекторы, создающие световые пятна различной формы на фасаде, выделяя нужные фрагменты и позволяя освещать даже самые удаленные элементы.

Для работы с многоцветными светодиодами применяют специализированные линзы и рефлекторы, потому как обычная оптика, предназначенная для работы с одним кристаллом, расположенным на оптической оси, плохо взаимодействует с четырьмя кристаллами, каждый из которых смещен от оптической оси. Наиболее распространенные дефекты представлены на рис. 1.

Такие дефекты издавна заметны на стенах домов, а потому многокристальные светодиоды лучше применять со специализированной оптикой, сглаживающей подобные артефакты.

Посмотрим, как работает многокристальный светодиод со специализированной оптикой финской компании LEDiL.

В качестве источника возьмем OSRAM OSTAR Stage LE RTDUW S2WN — RGBW-светодиод с четырьмя кристаллами (красным, зеленым, синим и белым). Плата представлена на рис. 2.

Для тестирования мы возьмем три семейства оптики, каждое из которых смешивает цвета по разной технологии:

1. Рефлекторы BROOKE-G2/ BARBARA-S-PF. Здесь перемешивание цвета происходит в ближней зоне от светодиода, при помощи сферического колпачка C14658_BARBARA-RZ-LENS.
2. Рефлекторы семейства MIRELLA-G2. В них перемешивание цвета происходит в дальней зоне от светодиода, при помощи сублинзы C13723_MIRELLA-RZL.

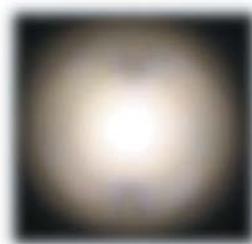
Цветная бахрома



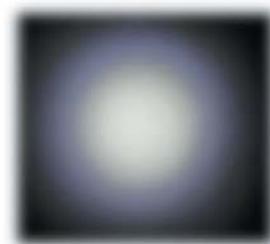
Множественные/цветные тени



Световые артефакты



Цветные кольца



Многокристальные светодиоды

Рис. 1. Нежелательные световые эффекты

3. Линза GABRIELLA-45/GABRIELLA-MIDI со специальными цветосмешивающими внутренними и внешними поверхностями.

Остановимся подробнее на этих трех технологиях и посмотрим, каким образом данная оптика обеспечивает смешение цветов в ближней и дальней зоне. Чем более узкий луч формирует оптика, тем больше проявляются цветовые aberrации, поэтому будем смотреть на результаты работы и для узкоградусной оптики.

Оценим результаты с помощью фотоаппарата, и тут важно отметить разницу между тем, как снимает камера и видит

человеческий глаз. Человеческий глаз обладает очень полезной способностью подстраиваться под условия просмотра. Данный механизм называется световой и темновой адаптацией. Понятие «хроматическая адаптация» относится к способности зрительной системы человека приспосабливаться к освещению, меняющемуся в широком диапазоне оттенков, более или менее сохраняя при этом цветовое восприятие объектов. Фотоаппарат не обладает такой способностью. Если баланс белого в фотоаппарате настроен на дневной свет и съемка объектов ведется при свете ламп накаливания, то результи-

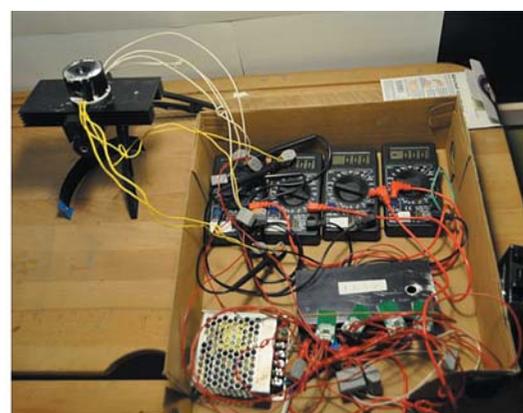


Рис. 2. Печатная плата с RGBW-светодиодом и установка для исследования качества смешения цвета

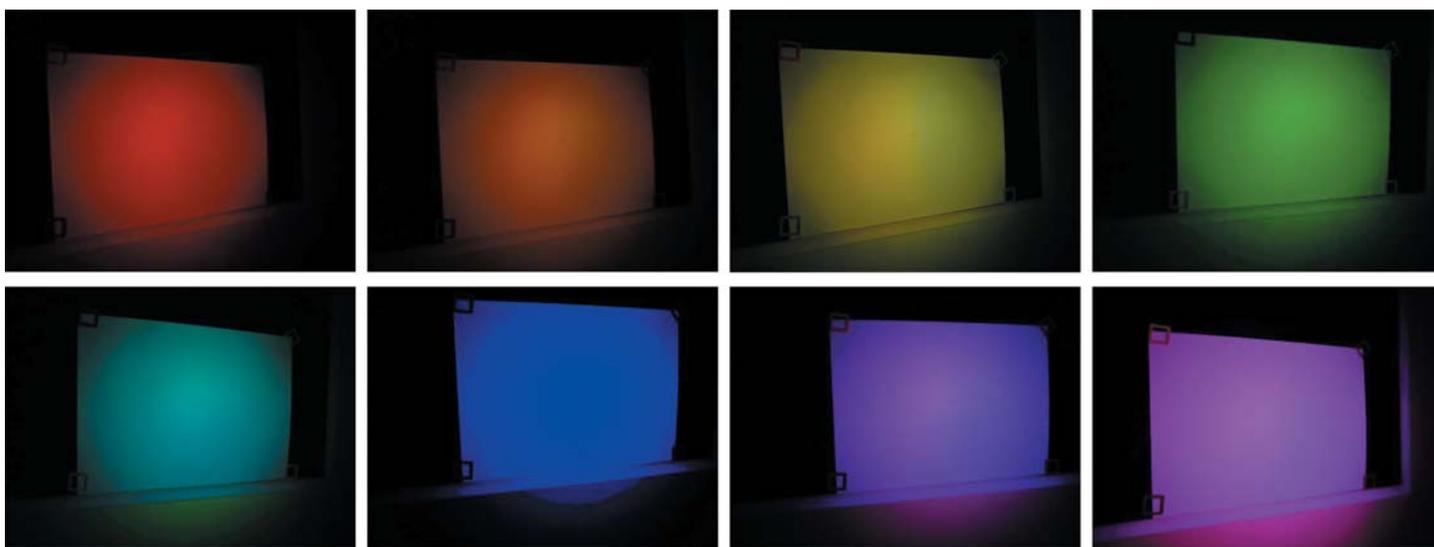


Рис. 3. Набор цветов в эксперименте и выбор лучшего тестового цвета на примере рефлектора F15560_MIRELLA-G2-W с цветосмешивающей линзой C13723_MIRELLA-RZL

рующие фотоизображения будут иметь неприемлемый желто-оранжевый оттенок. Дело в том, что цифровая камера не знает, при каком освещении мы снимаем сюжет. В данном случае фотограф

управляет чувствительностью камеры к различным цветам, то есть действует подобно зрительной системе человека, управляющей чувствительностью цветовых механизмов.

Таким образом, сфотографировать и потом передать изображение так, чтобы запечатлеть то, что видит глаз — довольно кропотливая процедура. И в данном исследовании фотографии не передают реальную картину. К тому же глаз у каждого человека имеет индивидуальные «настройки», поэтому то, что видит один тестирующий, не всегда будет соответствовать тому, что увидит другой.

Определимся с режимом тестирования. Для чистоты эксперимента фон для оценки качества светового пятна был выбран белым (лист ватмана). В рамках статьи невозможно рассмотреть все цвета. В презентации [1] можно посмотреть другие варианты оттенков. На рис. 3 представлены разноцветные световые пятна MIRELLA-G2-W, из которых видно, что красно-зеленое световое пятно наиболее близко передает цветовое ощущение светового пятна и видны артефакты, если они присутствуют. Как вариант, в сложившейся практике принято проводить натурный тест в сине-красном режиме. Но поскольку чувствительность красного и синего цвета находятся на разных концах спектра, то очень сложно настроить фотоаппарат на реальное восприятие лиловых и фиолетовых цветов, составленных из красного и синего излучения. На рис. 3 виден ореол синего цвета вокруг фиолетового. В реальности глаз этого не наблюдает и воспринимает пятно достаточно однородным. На остальных сочетаниях цветовые артефакты видны меньше, чем в желтом цвете, поэтому дальнейшее тестирование проводилось именно

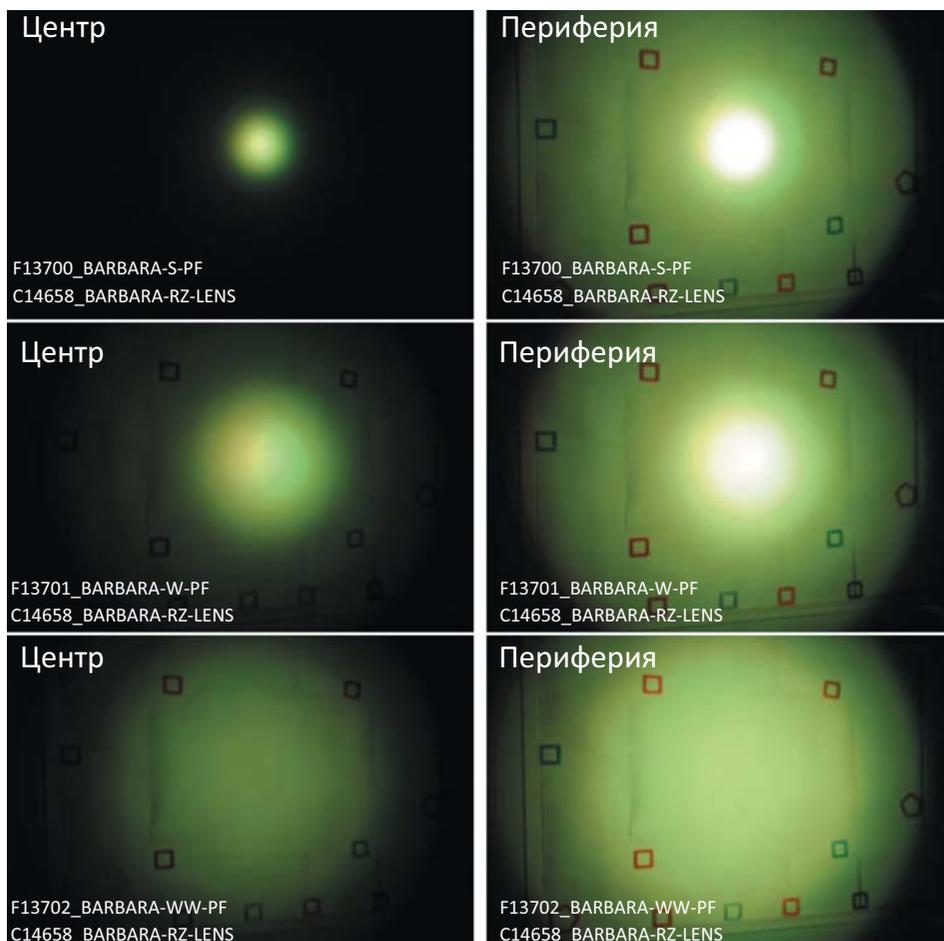


Рис. 4. Пример цветосмешения рефлекторов BARBARA-G2



Рис. 5. Пример цветосмещения рефлекторов MIRELLA-G2

в красно-зеленом режиме, в сумме дающем желто-коричневый цвет.

Теперь перейдем к рассмотрению технологий смещения цвета.

Обратимся к первой технологии. Колпачок с RZ-поверхностью устанавливается на многокристальный светодиод. Таким образом, RGBW-светодиод заменяется эквивалентным источником света с косинусным светораспределением. Но благодаря минимальным размерам пучок света можно сконцентрировать с помощью рефлектора, который «видит» более однородно-белый источник и, следовательно, артефакты цвета или интенсивности проявляются с меньшей вероятностью. Пример работы C14658_BARBARA-RZ-LENS с рефлекторами BARBARA на расстоянии 1 м показан на рис. 4 в режиме зеленого и красного светодиода при равных токах 200 мА, синий и белый выключены.

В центре светового пятна видно неполное смешение, также на периферической зоне заметны артефакты в виде цветных теней красного и зеленого цвета. Цветные тени возникают из-за того, что край рефлектора по-разному проецируется от красного и зеленого светодиода на белую поверхность стены. Данное явление не поддается «лечению» в пределах указанной технологии, поскольку обусловлено физическими

законами оптики. Достоинство такой технологии в том, что сохраняется узкий пучок света и высочайший КПД в своем классе (более 90%) при среднем качестве смещения цвета.

Вторая технология подразумевает установку линзы RZL на большем расстоянии, чем колпачок, что позволяет создать более однородное световое пятно без нежелательных эффектов, заметных глазу. Линза RZL сконструирована так, что в ее общую форму встроено большее число малых преломляющих или отражающих граней. Поэтому каждая грань многократно переотражает излучение. Массивы таких граней обеспечивают высокую однородность и эффективность, одновременно направляя гораздо меньше света в обратную сторону по сравнению с обычным диффузным стеклом. На рис. 5 показаны световые пятна трех различных Mirella-G2 с C13723_MIRELLA-RZL. Плата за более качественное смешение цвета — более широкий угол излучения и немного меньший КПД по сравнению с первой технологией. В реальных наблюдениях MIRELLA-RZL и рефлектор MIRELLA-G2 дают высококачественное однородное световое и цветное пятно. Это сочетание хорошо применять там, где нужны мягкие акценты и заливающее

освещение. И светильник может содержать всего один рефлектор.

Третья технология — линза сложной формы со специальными оптическими поверхностями. Линзы GABRIELLA имеет уникальную микроструктурную поверхность, которая обеспечивает почти идеальную однородность цвета внутри светового пучка, критически важную для смешивания цветов при архитектурном, сценическом и прожекторном освещении. На рис. 6 видно, что GABRIELLA-45 имеет четко выраженный ореол преимущественно зеленого в периферийной зоне, причем в центре цвет замешивается достаточно однородно.

Световой пучок линз и рефлекторы условно можно разделить на дальнюю и ближнюю зоны. Мы рассмотрели три технологии с точки зрения светового пятна на некотором расстоянии, то есть в дальней зоне. Этот прием характеризует заливающее освещение — один из способов освещения фасадов, когда прожектор устанавливается на опорах или на соседних зданиях. Кроме того, данный метод широко применяется и в сценическом освещении. Но не все задачи сводятся к освещению с определенного расстояния. Часть светильников устанавливаются на фасаде здания. Этот прием называется локальным освещением,

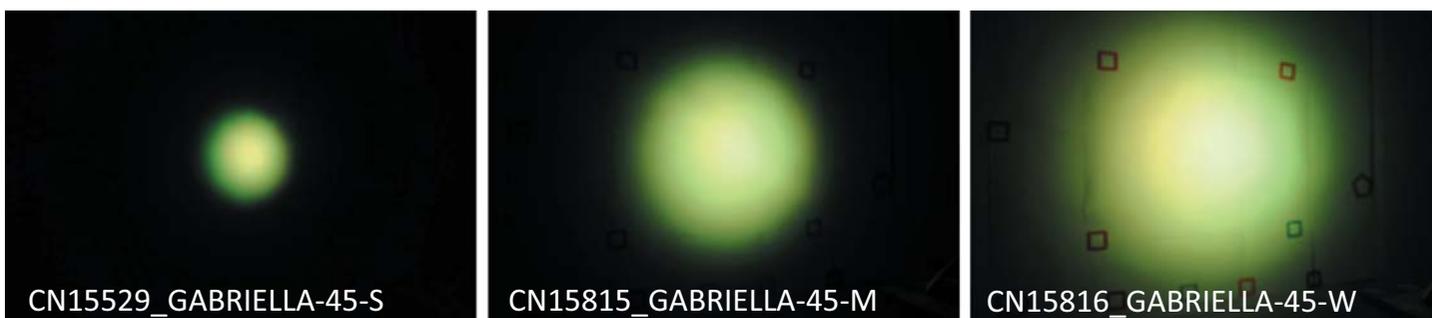


Рис. 6. Пример цветосмещения линз GABRIELLA-45

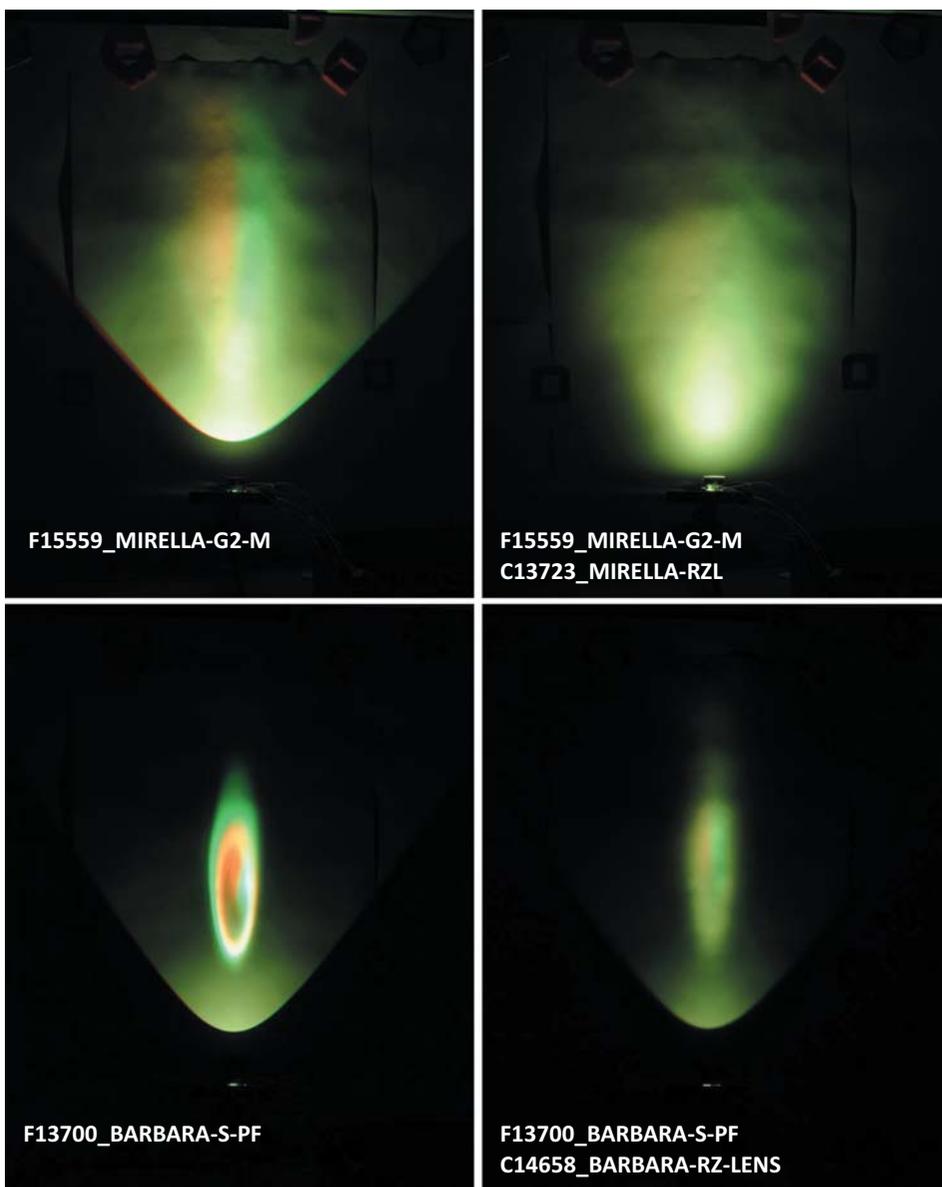


Рис. 7. «Факел» светового пучка на фасаде для рефлекторов без применения цветосмешивающих линз RZ/RZL и с ними

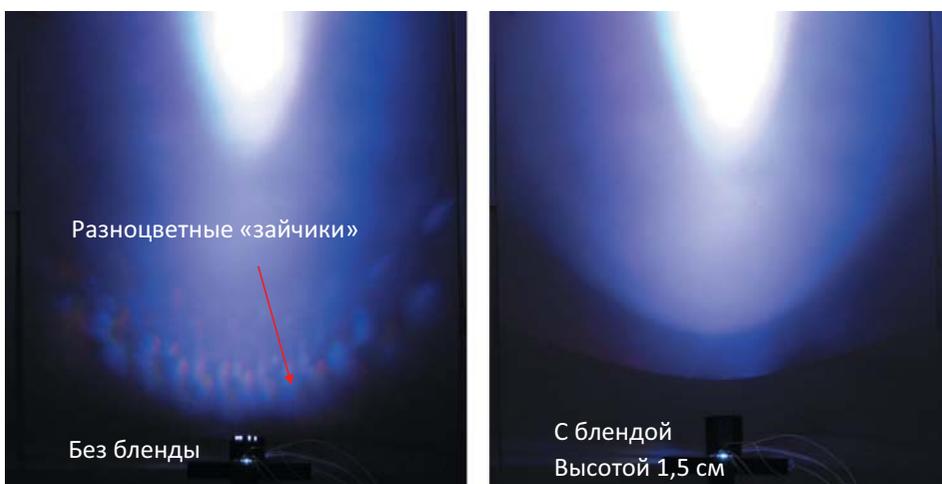


Рис. 8. Линза CN15529_GABRIELLA-45-S без тубуса и с тубусом, что позволяет минимизировать цветные артефакты в ближней зоне

и для таких применений важно оценивать качество смешения в ближней зоне.

Как же работают линзы и рефлекторы в таких приложениях, если используются и не используются технологии смешения? Как видно на рис. 7, одиночная MIRELLA-G2-M плохо смешивает цвета и в «факеле» присутствуют ярко выраженные цветные тени по границе света и тени. Но с применением линзы RZL картина меняется: граница становится заметно мягче, цветные тени исчезают и цвет замешан равномернее.

Чем уже угол излучения рефлектора, тем сложнее сделать структуру пучка однородной. Это хорошо заметно на примере узкоградусного одиночного рефлектора BARBARA-S-PF, который рисует кольца на стене (рис. 7). Но применение линзы RZ улучшает структуру пучка, и кольца пропадают. Хотя, конечно, оттенки зеленого и красного просматриваются на близких расстояниях, что говорит о том, что этот рефлектор лучше использовать для освещения объектов, удаленных на расстояние от 2 м.

Заметим, что в линзах действует другой способ формирования светового пучка, чем у рефлекторов. Благодаря тому, что оптическая поверхность сложная, получается отличное смешение света внутри светового пятна. Но это же приводит к тому, что у узкоградусной линзы CN15529_GABRIELLA-45-S проявляются цветные артефакты в виде солнечных зайчиков в самой ближней зоне (рис. 8). В таком специфическом применении, как освещение фасадов, очень важно избегать резких переходов от одного цвета к другому, нежелательных ярко выраженных ореолов и всякого рода артефактов, подобного описанному. В ближней зоне данная проблема решается с помощью бленды. Как видно на фотографии, представленной на рис. 8, применение бленды высотой 1,5 см относительно светового отверстия линзы позволит их убрать. В данном случае световой пучок будет выглядеть более однородным.

Закключение

В статье мы рассмотрели три основные технологии смешения цветов, которые применяются в оптике LEDiL:

1. Смешение цветов в ближней от светодиода зоне на примере рефлекторов семейства

Barbara с цветосмешивающим колпачком C14658_BARBARA-RZ-LENS.

2. Смешение цветов в дальней от светодиода зоне на примере рефлекторов семейства MIRELLA-G2 с цветосмешивающей линзой C13723_MIRELLA-RZL.
3. Смешение цветов на внутренней и внешней поверхностях специальных линз на примере линз семейства GABRIELLA-45

Помимо вышеупомянутой оптики компания LEDiL производит еще несколько оптических семейств, работающих с многокристальными светодиодами, это семейства линз RGBX2, GABRIELLA-MIDI, ILONA.

Все три технологии имеют свои достоинства и недостатки:

- Рефлекторы, которые смешивают цвета по первой технологии, энергоэффективны, но их разумнее применять для подсветки объектов в дальней зоне светильника.
- Рефлекторы, работающие по технологии второго типа, хорошо смешивают

цвета в ближней от светильника зоне, но не формируют узких и овальных лучей.

- Линзы, которые представляют технологическое решение третьего типа, по качеству цветосмешения расположены между первой и второй технологиями, но минимизируют световые ореолы и плавно размывают границы между разными цветовыми оттенками, что заметно улучшает структуру цветного светового пучка. Кроме того, есть RGB-линзы с узкими и овальными лучами, что делает их гораздо популярней рефлекторов.

Как правило, в архитектурных или интерьерных светильниках применяют несколько светодиодов и линз. Групповую работу светодиодов тоже можно использовать для улучшения цветосмешения светильника. Для этого нужно монтировать светодиоды на плате с разворотом на 90° для каждой последующей светоточки. Тогда

возможные недостатки цветосмещения одной линзы будут компенсироваться соседними линзами.

Создание светильников на многокристальных светодиодах — сложная инженерная задача, а их применение требует грамотного подхода к светодизайну, который должен учитывать множество нюансов, часть которых мы описали в статье. В декоративной подсветке нет общепринятых стандартов, поэтому оценка результатов всегда субъективна — нравится ли это заказчику. Как удачный пример реализации подсветки деревьев в парке светильниками с многокристальными светодиодами и оптикой LEDiL можно показать работу компании Ledal Studio. Они создали свой RGBW-светильник и красиво подсветили деревья в рижском парке (рис. 9). Вы так же можете сделать свои интересные многоцветные решения, а мы готовы помочь вам подобрать оптимальную для этого оптику. ●

Литература

1. <https://yadi.sk/d/ZVP-cHZfuFr7Hg>



Рис.9. Внешний вид светильника компании Ledal Studio с многокристальными светодиодами и оптикой LEDiL