

УДК 628.946.22

Ключевые слова: качество света, линзы для светодиодов, цветовые аберрации, неравномерность светораспределения, осевая сила света, угловая неравномерность цветности, импортозамещение.

Сакен Юсупов | saken.jusupov@amt-eng.ru |
Екатерина Ильина | ekaterina.ilina@amt-eng.ru

Светорассеивающее покрытие для светодиодных линз

➔ В статье речь идет о новом оптическом покрытии поверхности линз, значительно улучшающем качество работы оптики.



Глобальное потепление и вызванные им климатические изменения привели к экономическим потрясениям в мировой экономике. Во все времена и эпохи люди склонны не видеть за деревьями леса и субъективно назначают правящих королей, президентов и «падишахов» ответственными за происходящие объективные исторические, экономические и социальные изменения. Можно считать это проявлением антропоцентризма или же мании величия, но мы ограничимся констатацией того, что в результате нарастающего экономического кризиса глобальная экономика, еще существовавшая в прошлом году, уже рассыпается на наших глазах на отдельные фрагменты, между которыми появляются ограничения на движение технологий, денег и товаров. В результате многие страны озаботились вопросами технологической, продовольственной, информационной безопасности и стараются производить у себя наиболее значимые товары.

Слово «импортозамещение» стало модным и значимым не только в России, но и во многих других странах. В России же импортозамещение особенно актуально, потому как количество экономических санкций, наложенных на нашу страну евроатлантическими странами, побило все рекорды Книги Гиннеса. Большинство европейских и американских производителей электронных компонентов ушли с российского рынка и освободили пространство для бизнеса местным производителям и перепродавцам китайских деталей.

В светотехнической отрасли эти процессы хорошо заметны, в стране появились производители светодиодов и светодиодной оптики, которые пытаются импортозаместить ушедшие с рынка бренды. Уже три завода в России начали производство (точнее, корпусирование) азиатских светодиодов. А изготовлением оптики сейчас активно занимается петербургская компания «АМТ-Инжиниринг». Она выпускает как одиночные линзы, так и модульные линзы в герметичном и негерметичном исполнении. Инженеры «АМТ-Инжиниринг» разрабатывают новую оптику, предназначенную для светодиодных светильников разного применения. И разработка оптики для архитектурного освещения — одна из самых актуальных задач в настоящее время.

Архитектурное освещение требует светильников с высоким качеством

светового луча. А качество светового луча характеризуется в основном равномерностью распределения света и цвета в световом пятне, формируемом светильником, и минимальными световыми aberrациями, возникающими вокруг светового пятна.

В светодиодных светильниках источником света служит светодиод, свет которого преломляется и перенаправляется в нужную сторону линзой или рефлектором. Линзы формируют световые лучи с более плавными переходами на границе света и тени, чем рефлекторы [1], и позволяют лучше управлять светораспределением, поэтому в архитектурном освещении их чаще используют, чем рефлекторы. Светодиоды тоже сильно влияют на качество света архитектурных светильников, потому как из-за неравномерности нанесения слоя люминофора на светоизлучающий кристалл белый светодиод излучает свет с разными цветовыми оттенками в разных направлениях [2].

Вот почему производители светильников для архитектурного освещения тщательно и долго подбирают оптимальные пары светодиод/линза для достижения наилучшего качества светораспределения. Специалисты «АМТ-Инжиниринг», используя свой богатый опыт в создании светодиодной оптики, разработали специальное семейство линз АМТ-АRT-Dxx-3535-xx с углами излучения 13, 30, 45, 70, овал 13×50°, асимметрик 13°, овальный асимметрик 13×42°. Эти линзы предназначены для создания архитектурной подсветки и освещения интерьеров, а значит, и качеству светораспределения данной оптики было уделено особое внимание. Для того чтобы добиться хорошей равномерности распределения света с минимальными цветовыми aberrациями при работе с разными светодиодами, инженеры

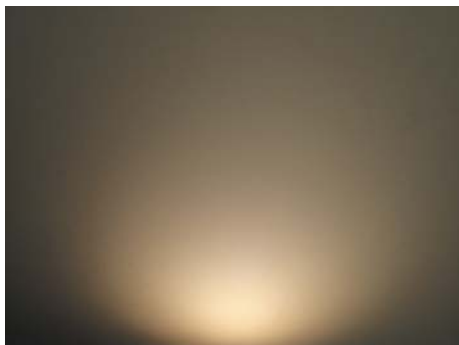


Рис. 2. Световой факел светодиода с равномерным угловым распределением цветности



Рис. 1. Внешний вид линзы АМТ-АRT-D19-3535-45

«АМТ-Инжиниринг» создали специальное оптическое покрытие, обеспечивающее оптимальное цветосмещение. В статье мы рассмотрим, как на практике работает линза АМТ-АRT-D19-3535-45 (рис. 1) с этим покрытием.

Для начала возьмем хороший белый светодиод, более-менее равномерно излучающий оттенки белого света в полусфере. Его световой факел представлен на рис. 2.

Поместим этот светодиод под образец прозрачной линзы АМТ-АRT-D19-3535-45 без специального покрытия и посмотрим на качество светового факела и светового пятна, показанных на рис. 3.

На рис. 3 мы видим световое пятно с заметной неравномерностью распределения света: в центре пятна заметны темные



Рис. 3. Светораспределение прозрачной линзы со светодиодом с равномерным угловым распределением цветности

пятна, подобные лунным материкам, вокруг светового пятна видны множественные гало. Если мы посмотрим на световой факел, то можно отметить несколько световых «арок» и «усов» под основным световым лучом. Сам луч состоит из нескольких лепестков, между которыми есть контрастные провалы. Цветовых aberrаций здесь практически нет, потому что мы применили светодиод с хорошим качеством цветораспределения.

Теперь посмотрим, как работает серийная линза АМТ-АRT-D19-3535-45 с нанесенным специальным оптическим покрытием — результаты этого эксперимента представлены на рис. 4.

На рис. 4 хорошо видно, насколько специальное оптическое покрытие улучшило качество распределения света. Световое пятно залито светом равномерно, на грани светотени мягко разгладены, цветовых aberrаций не наблюдается. Если посмотреть на световой факел, то можно отметить почти полное отсутствие световых aberrаций. Осталась лишь небольшая световая «арка», которая излучается основанием линзы. Это особенность данной конструкции линз, но такой световой артефакт будет срезаться корпусом светильника и не мешает качественному освещению фасадов зданий или же музейных экспонатов.

В этом примере мы взяли светодиод с качественным угловым распределением цветности, а как будет работать специальное оптическое покрытие в случае неравномерного распределения? На рис. 5 показан световой факел такого светодиода.





Рис. 4. Светораспределение линзы с покрытием с качественным светодиодом



Рис. 5. Световой факел со светодиодом с неравномерным угловым распределением цветности

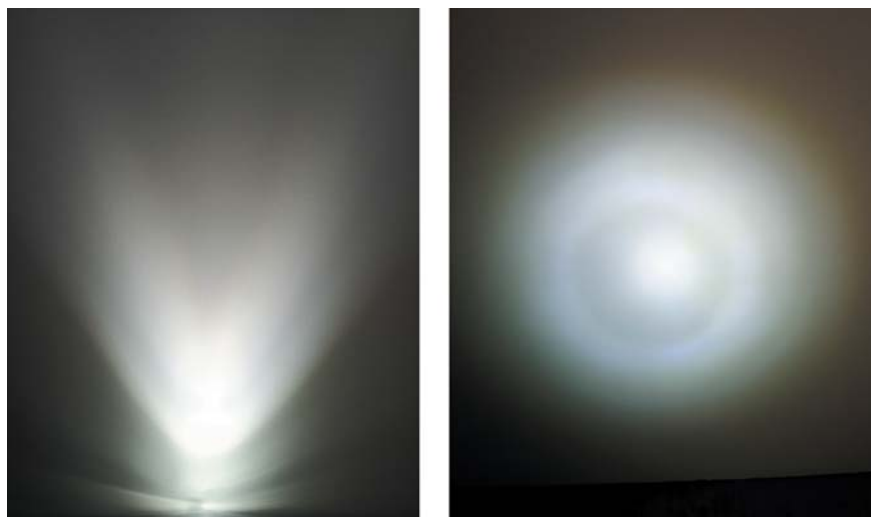


Рис. 6. Светораспределение линзы без покрытия со светодиодом с неравномерным угловым распределением цветности



Рис. 7. Светораспределение линзы с покрытием со светодиодом с неравномерным угловым распределением цветности

У этого светодиода виден сильный разбег цветовых оттенков в разных направлениях, в углах, близких к горизонтальным, буйно расцветает «зеленая плесень», а верхняя часть светового факела имеет цвет «голубого неба». Остальные части светового пятна имеют синие, желтые и зеленые оттенки. С уверенностью можно сказать, что такой светодиод нельзя использовать для архитектурного или интерьерного освещения. Поместим этот светодиод под образец прозрачной линзы АМТ-АRT-D19-3535-45 без специального покрытия и посмотрим на качество светового факела и светового пятна (рис. 6).

Глядя на рис. 6, можно отметить сильную неравномерность распределения света и цвета в световом пятне. Множественные гало, как кольца Сатурна, окружают «заплесневелую ватрушку» светового пятна. А если посмотреть на световой факел, то он напоминает пучок лучей, растущих из одного корня, вокруг которого щедро рассыпаны световые артефакты. Такое светораспределение подобно свету от дешевого китайского трекового светильника, висящего в «бутике» на провинциальном вещевом рынке.

Посмотрим, как с этим плохим светодиодом будет работать серийная линза АМТ-АRT-D19-3535-45 с нанесенным специальным оптическим покрытием — результаты этого эксперимента представлены на рис. 7.

На рис. 7 представлены фотографии светового пятна и светового факела. Внутри светового пятна мы видим высокую равномерность распределения света и плавный градиент светового перехода на границе света с тенью. Цветовые неравномерности размыты, можно ответить то, что на краях светового пятна зелено-

ватый оттенок белого цвета Хорошую равномерность распределения света видно и на световом факеле. Незначительные цветовые aberrации наблюдаются возле самого светодиода, но они будут срезаны корпусом светильника. Неравномерности цветовых оттенков остались видны: чем ближе к светодиоду, тем световой факел имеет больше зеленого тона. Но мы можем отметить, что градиент цветовых переходов стал очень плавным.

Резюмируя результаты этих экспериментов, можно отметить следующее:

1. Созданное специалистами «АМТ-Инжиниринг» специальное оптическое покрытие успешно решает задачу улучшения качества светораспределения.
2. Нанесение этого покрытия на поверхность линзы делает распределение света равномерным в световом пятне и световом факеле, на краях светового пятна формирует мягкий градиент перехода из света в тень.
3. Оптическое покрытие хорошо размывает цветовые неравномерности.
4. Полностью побороть цветовые aberrации не может ни одна линза из существующей оптики на рынке, поэтому для успешной борьбы с таким дефектом мы рекомендуем применять светодиоды с хорошей равномерностью распределения цветовых оттенков по углам.

При изучении этого оптического покрытия важно посмотреть, как оно влияет на остальные оптические характеристики линзы: световой угол, КПД, осевую силу света. Для сравнения приведем в таблице данные этих параметров для линзы АМТ-АRT-D19-3535-45 с нанесенным специальным оптическим покрытием, и для линзы АМТ-АRT-D19-3535-45 без

Таблица. Данные сравнения параметров линз с покрытием и без покрытия

Тип линзы	Материал	Светодиод	Производитель светодиода	Угол излучения FWHM (50% от I _{макс})	Полезный угол FWTM (10% от I _{макс})	КПД, %	Осевая сила света, кд/кмм
АМТ-АRT-D19-3535-45 без покрытия	pmma	SZ5M4	Seoul	42	68	94	1510
АМТ-АRT-D19-3535-45 с покрытием	pmma	SZ5M4	Seoul	44	75	93,7	1396

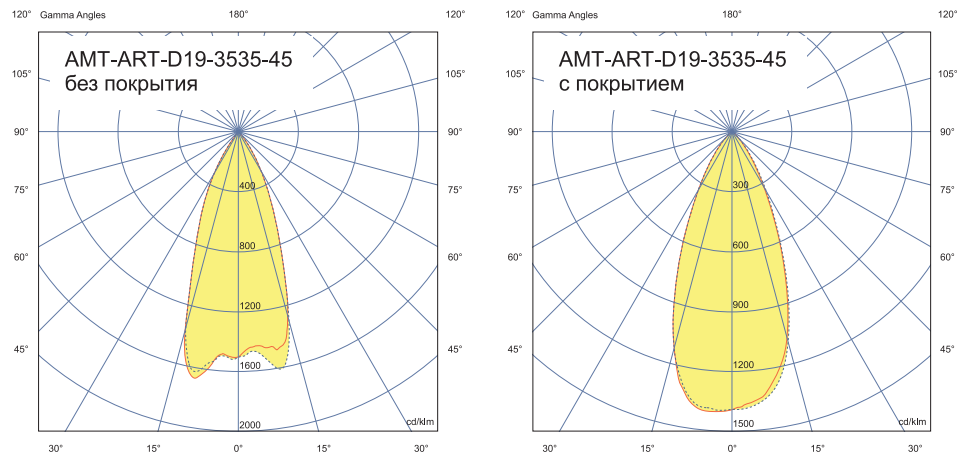


Рис. 8. КСС вариантов линзы с покрытием и без

специального оптического покрытия. КСС линз приведены на рис. 8.

Сравнение этих данных показывает, что нанесение специального светорассеивающего покрытия на линзу незначительно изменило угол излучения, почти не сказалось на КПД и заметно улучшило форму КСС при незначительном снижении осевой силы света. Но поскольку линза АМТ-АRT-D19-3535-45 предназначена для красивого освещения архитектурных фасадов и внутренних интерьеров и у нее нет задач «кинжального» освещения далеких объектов, то высокая осевая сила света в данном случае не нужна.

Специалисты компании «АМТ-Инжиниринг» сумели разработать специальное оптическое покрытие,

с помощью которого можно создавать хорошие линзы для качественного освещения архитектуры и интерьеров. Такие линзы позволят импортозаместить оптику европейских брендов, которые ушли с российского рынка. Качественная отечественная оптика предоставит возможность производителям светильников снизить зависимость от ненадежного импорта. ●

Литература

1. Юсупов С. Э., Ильина Е. И. Слон или Кит // Современная светотехника. 2018. № 3.
2. Ильина Е. И., Юсупов С. Э. Конкурс красоты Мистер LED // Полупроводниковая светотехника. 2018. № 6.