

Ву-Цзянь (Wu Jiang) | Кевин Шнайдер (Kevin Schneider)

Улучшение освещенности объекта

при использовании оптики с полным внутренним отражением

В статье сравниваются два подхода к конструированию источников света: один основан на компактном излучателе в сочетании со вспомогательной линзой, использующей оптику с полным внутренним отражением (ПВО), а другой — на массиве кристаллов-на-плате (CoV) с отражателем.

Для достижения желаемого результата и направления света туда, где он требуется в конкретной системе, с минимумом бликов и фоновой подсветки, направленные светодиодные модули и лампы могут иметь разную конструкцию. Вторичная оптика, использующая полное внутреннее отражение, в конструкциях направленных светодиодных модулей работает лучше, чем оптика на основе отражателей, но только в том случае, когда распределение света правильно определено. Однако сравнение светодиодных модулей и ламп по энергопотреблению, светоотдаче или даже по номинальному углу свечения может создать полностью неверное представление о производительности этих источников света.

Проведение сравнений

Производительность ламп накаливания легко сравнивать: они соответствуют общим и давно установленным физическим форматам и излучают свет очень похожими способами. При определенном сетевом напряжении переменного тока первое, что используется для их сравнения, — номинальная мощность в ваттах.

Появление светодиодных ламп несколько усложнило дело. Промышленность пыталась объяснить характеристики светодиодного освещения в терминах, относящихся к лампам накаливания. Обычно в технические данные включают потребляемую мощность в ваттах и то, чему она равна в лампе накаливания с такой же производительностью. Также приводят и светоотдачу (лм/Вт). Однако светодиодные лампы имеют более сложную конструкцию. Многие факторы — тип излучателя, подложка, на которой он устанавливается, электроника драйвера, механизм оптической фокусировки и корпус — вносят

свой вклад в разброс характеристик производительности.

Использование светоотдачи для сравнения светодиодных ламп может полностью ввести в заблуждение, особенно когда речь идет о направленном освещении. Два направленных светодиодных модуля, сравниваемых ниже, обладают аналогичными характеристиками, в том числе и светоотдачей, но более подробная оценка выявляет довольно поразительные различия в их производительности при использовании в реальных системах.

Необходимость фокусировки

Высокомощные светодиодные излучатели, применяемые в качестве источников света для широкого спектра систем освещения, постоянно совершенствуются. Однако для огромного числа систем, таких как точечное освещение и встраиваемые светильники, дорожное освещение, архитектурная и сценическая подсветка, одни излучатели без дополнительной оптики не способны обеспечить достаточную освещенность объекта. Это связано с тем, что светодиодный источник, как правило, имеет косинусную диаграмму пространственного распределения силы света, согласно которому видимая наблюдателем яркость одинакова вне зависимости от угла наблюдения и от его местоположения.

Часто имеется необходимость использовать вспомогательную оптику, которая концентрирует свет в узкий пучок, освещающий непосредственно зону объекта. Лучи света распространяются параллельно, хотя из-за дифракции и конечного размера излучателя абсолютная их параллельность невозможна. Однако чем меньше источник света, тем более эффективной может быть коллимирующая оптика. Кроме того, конструкция вспомога-

тельной оптики может также способствовать улучшению однородности цвета и распределения света внутри зоны объекта.

Для описания способности вспомогательной оптики к коллимации луча мы часто упоминаем угол зрения или полную ширину на половине максимума интенсивности (ПШПМ). Это угловая ширина луча, интенсивность которого на краю составляет половину максимальной. Этот угол полезен при классификации оптических средств, но он не всегда объясняет различия между конструктивными особенностями оптики. На практике, в зависимости от оптической схемы, оптика с одинаковыми углами обзора может сильно отличаться по интенсивности и равномерности луча.

Отражатели и линзы

В некоторых случаях требуется — например для высоких промышленных помещений, улиц или сцен — создание большой освещенности на расстоянии, а это означает, что необходимо наличие как излучателя большой мощности, так и правильно сформированного луча. На объектах с такими высокими требованиями важно, чтобы каждый излучатель был должным образом сопряжен с подходящей вспомогательной оптикой.

Часто физический размер излучателя ограничивает возможности оптики. Это особенно справедливо в отношении некоторых источников, состоящих из CoV или светодиодных матриц. Они излучают с такой большой площади, что окружить их отражающей поверхностью можно только оптическими средствами.

Отражатели обычно применяются с ненаправленными излучателями, такими как лампы накаливания, но в светодиодных конструкциях они имеют ключевой недостаток: большая часть лучей, исходящих из середины излучателя, выходит из системы, даже не попав на отражатель. Это означает, что даже в отражательной системе узконаправленного прожектора, где угол обзора ограничен диапазоном 20–25°, существенная часть света рассеивается вокруг

объекта. И он не просто теряется: что гораздо хуже, он остается видимым в форме бликов и фоновой подсветки, отвлекая внимание и создавая неудобства за счет светового потока середины луча.

А теперь сравните это с оптическими возможностями компактного излучателя с высокой плотностью светового потока. Эти излучатели достаточно мощны, чтобы обеспечить необходимую силу света, и достаточно малы, чтобы их можно было охватить линзой с ПВО для направления практически всего излучаемого света на объект. Для таких очень ярких и очень компактных излучателей подходит только недорогая, эффективная и хорошо сконструированная линза с низкопрофильным исполнением.

Линзы, показанные на рис. 1, дают углы излучения 8–45° при использовании с наборами компактных излучателей (в статье рассматриваются изделия фирмы LED Engin). Вспомогательная оптика не только направляет свет на объект, но и обеспечивает необходимую силу света и однородность цвета при компактном исполнении.

Линзы ПВО по сравнению с отражателями

Чтобы сравнить характеристики систем с ПВО и с отражателями, были проведены оценки двух светодиодных модулей. Один из них использовался в компактном излучателе LZC с ПВО-линзой 24° от компании LED Engin, а в другом, содержавшем отражатель, была применена CoB-матрица. В обоих случаях оптика имела одинаковые размеры (Ø45×25 мм). Конструкция обоих модулей содержала ПШПМ 24°, а их параметры (сила света и светоотдача) были подобраны как можно ближе друг к другу.

Таблица иллюстрирует три главных отличия в характеристиках производительности этих модулей. Например, система, содержащая линзу с ПВО, обеспечивала световой поток в центральной части в два раза больший, чем модуль с отражателем. На рис. 2 показано измеренное распределение интенсивности в обозначенном угле обзора. Сразу же видно, что угол обзора ПШПМ (в данном случае 24°) свидетельствует далеко не обо всем. Конструкция линзы с ПВО создает гладкий и хорошо управляемый подъем к пиковой интенсивности, в то время как распределение интенсивности

Таблица. Характеристики устройств с применением различной оптики

Параметр	TIR-линзы совместно с SMD-светодиодом	Линза с отражателем совместно с CoB-линейкой
Число кристаллов	12 (1×1)	24 (1,5×1,5)
Световой поток, лм	985	969
Потребляемая мощность, Вт	17,79	17,84
Световая эффективность, лм/Вт	55,4	54,3
Освещенность в центре на высоте 1 м, лк	6020	3005
Эффективность освещенности на высоте 1 м, лк/Вт	338	168
Доля светового потока в пределах угла 60°, %	6	28

в отражателе сглаживается в пределах широкого угла зоны бликов.

Это более наглядно проявляется на трехмерном графике (рис. 3), где профиль модуля на основе ПВО демонстрирует плавный переход к центральному лучу, а вариант с отражателем имеет более «остроконечный» центральный луч — притом что существенная часть энергии от отражателя поступала извне пика. Фактически 28% энергии, излученной конструкцией с отражателем, не попадает в конус 60°, внося свой вклад в блики, в то время как в конструкции с ПВО эта величина составляет только 6%.

Выводы

В реальных системах сравнение светодиодных модулей и ламп либо по потреблению энергии,

либо по светоотдаче может дать полностью неверное представление о производительности этих источников света. Нужен новый способ определения световой эффективности, который учитывал бы процент излученного светового потока, приходящийся на объект, а не общее количество испускаемых модулем люменов. Истинную «эффективность светового потока», вероятно, можно принять для описания полезных люменов, излученных светодиодным модулем, т. е. света, который освещает зону объекта. Другие факторы, например равномерность цвета и распределение света, также пока следует учитывать, но эффективность светового потока была бы лучшим параметром, чем какой-либо иной из используемых сейчас. Сравнение модулей с отражателями и с линзами с ПВО ясно показывает необходимость такого параметра.



Рис. 2. Пространственное распределение силы света для устройств с применением различной оптики



Рис. 1. TIR-линзы компании LED Engin с мощными светодиодами

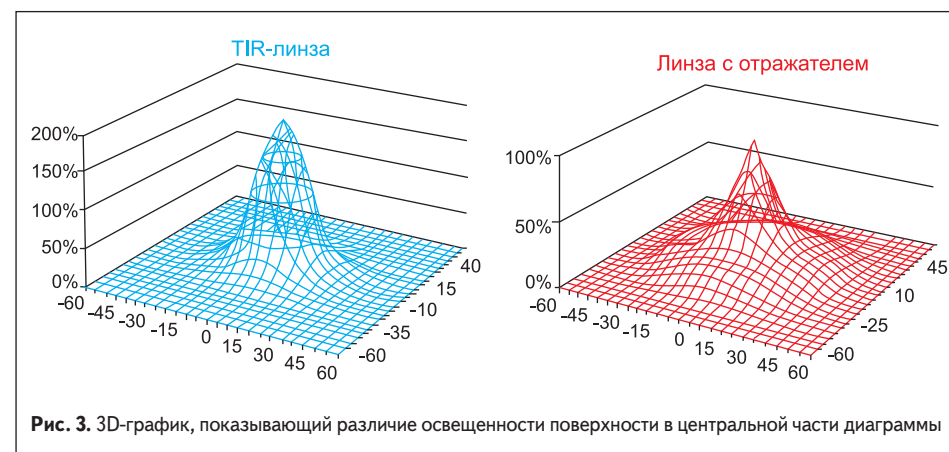


Рис. 3. 3D-график, показывающий различие освещенности поверхности в центральной части диаграммы