

Александр Балашов |

Вторичная оптика Carclo

для мощных светодиодов

Проектирование любого светового прибора (СП) ставит перед разработчиком вопрос о его светотехнических характеристиках, важнейшей из которых является светораспределение. Оно обусловлено формой фотометрического тела и описывается кривыми силы света (КСС). Все СП делятся на две большие категории: осветительные приборы (ОП) и светосигнальные (ССП). В свою очередь ОП по характеру светораспределения подразделяются на три группы с присущими им особенностями: светильники, прожекторы и проекторы. Их главное отличие состоит в телесном угле, в котором осуществляется распределение светового потока. Для светильников это большие углы вплоть до 4π ср, прожекторы перераспределяют световой поток внутри малых телесных углов, проекторы — на поверхность малого размера. Любой из этих приборов обладает той или иной КСС, зачастую отличной от собственной кривой светоизлучающего диода (СИД), большинство из которых без дополнительных оптических систем образуют угол излучения по уровню $0,5I_v$ примерно равный 120° .

Перераспределение светового потока в пространстве осуществляется светотехнической

арматурой. Это может быть отражатель, конструктивно совмещенный с корпусом прибора, и/или специальные дополнительные оптические элементы. Для светодиодов этими дополнительными элементами является вторичная оптика. На сегодня существует множество производителей вторичной оптики для СИД, выпускающих большой перечень изделий, с помощью которых можно сформировать то или иное угловое распределение силы света.

Особенности выбора вторичной оптики

Первым параметром, по которому осуществляется подбор вторичной оптики для решения той или иной задачи, является угол светового пучка, формируемый оптическим элементом. Чаще всего это значение является углом излучения по уровню $0,5I_v$, который определяется как угол, при котором сила света в этом направлении падает на 50% от максимального значения. Однако это не полная информация о характере пространственного распределения светового потока оптическим элементом по той причине, что она ничего не говорит о световом потоке, который распространяется за пределами этого угла. Можно лишь утверждать,

что значения силы света за пределами угла излучения по уровню $0,5I_v$ будут составлять менее половины от максимального. На рис. 1 представлен пример кривой силы света одной из линз компании Carclo с углом излучения по уровню $0,5I_v$ 19° , однако, кроме центральной части, присутствует значительная периферийная, которая выразится в виде яркого ореола вокруг центрального пятна. Поэтому производители дополнительно указывают угол, при котором сила света падает до 10%, или форму КСС. В частности, эту информацию приводит Carclo, примеры продукции которой приведены в данной статье. Кривая, изображенная на рис. 1, является неприемлемой для приборов с концентрированным световым пучком. Точно так же неприемлемо для низко расположенного светильника общего освещения распределение светового потока, при котором угол излучения по уровню $0,5I_v$ будет менее $50-60^\circ$, а углы на уровне 50 и 10% от максимального значения силы света окажутся близкими.

Следующие вопросы, которые могут возникнуть, относятся к выбору размера оптического элемента и предпочтению линзы отражателю или наоборот. Наиболее широко в номенклатуре изделий всех производителей вторичной оптики, и компании Carclo в част-

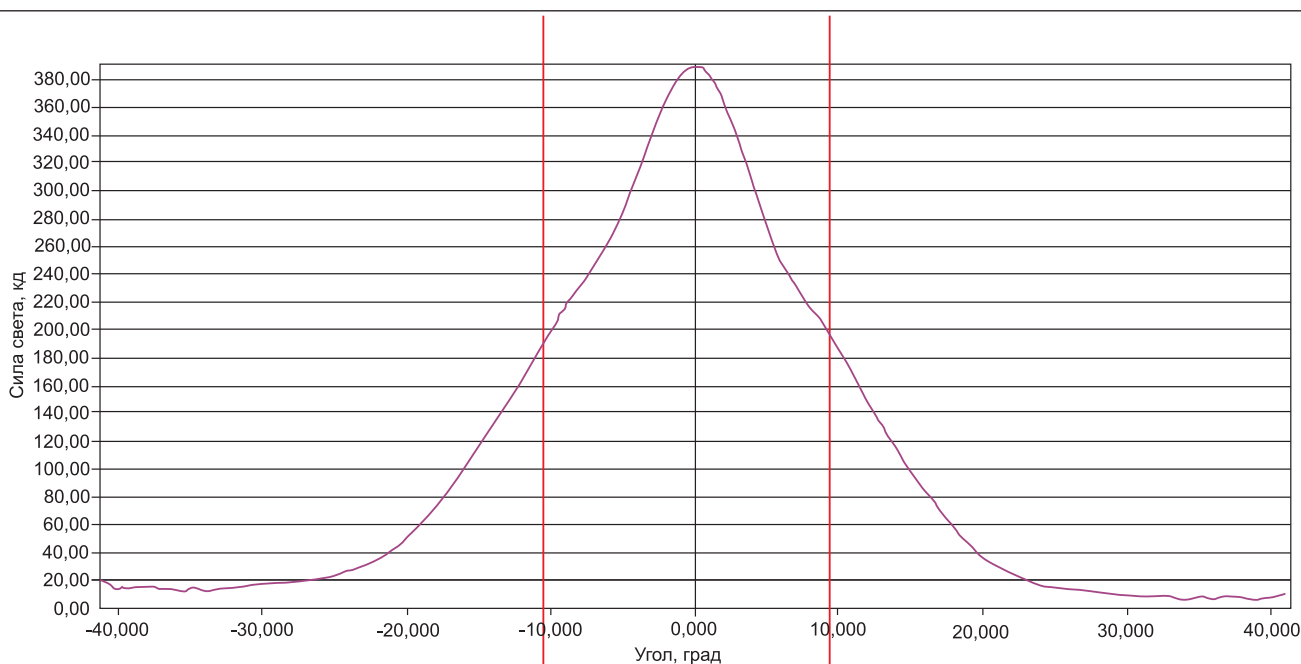


Рис. 1. КСС линзы Carclo 10193 с СИД SCW1653US



Рис. 2. Линза Carclo 10414

ности, представлены линзы. Отражательные элементы также присутствуют, но в гораздо меньшей степени. Популярность линз объясняется большим удобством и относительной простотой формирования требуемого светового пучка, так как управление излучением осуществляется тремя плоскостями: двумя преломляющими поверхностями на входе и выходе излучения и одной отражающей поверхностью внутри линзы в общем случае на образующей ее боковой поверхности. Рефлекторы имеют лишь одну отражающую поверхность, задача которой — сформировать требующийся световой пучок, и чаще применяются совместно со светодиодами, имеющими излучающую поверхность увеличенного размера, или с группой СИД.

Диаметр линз в большинстве своем составляет 20 и 26,5 мм. Эти размеры уже стали стандартными, поскольку являются компромиссным решением между стоимостью элементов и их характеристиками. Оптика диаметром 20 мм удовлетворяет большинству задач при использовании современных осветительных светодиодов, а изменение диаметра линзы в сторону уменьшения сначала приведет к падению соотношения кд/лм, а затем и к некоторому



Рис. 3. Линза Carclo 10048

уменьшению эффективности элемента до 80–85% и менее, так как светящаяся поверхность увеличится относительно линзы, и испускаемый световой поток не сможет быть полностью ею захвачен. Однако оптика небольшого диаметра вплоть до 10 мм (рис. 2) часто применяется, когда требуется разместить большое количество светодиодов на ограниченной площади и сделать изделие компактным. Оптические элементы диаметром 26,5 мм находят свое применение в случае увеличенной светящейся площадки, например, для четырехкристального светодиода Cree MC-E, или когда необходимо добиться очень узкого светового пучка, размером в единицы градусов. Так, линза 10048 диаметром 26,5 мм, представленная на рис. 3, сформирует световой пучок с углом излучения 6° по уровню 0,5I, совместно со светодиодом Cree XR-E. В свою очередь, линза 10193 диаметром 20 мм обеспечит угол 8°.

Характеристики изделий Carclo

Carclo выпускает большой ассортимент линз, наибольшее количество которых формирует осесимметричный световой пучок. Компания подразделяет эти линзы по формируемому ими углу излучения по уровню 0,5I:

- очень узкий (tight) — световой пучок в единицы градусов (до 10°);
- узкий (narrow) — угол излучения по уровню 0,5I, в диапазоне 10–20°;
- средний (medium) — угол в пределах 20–30°;

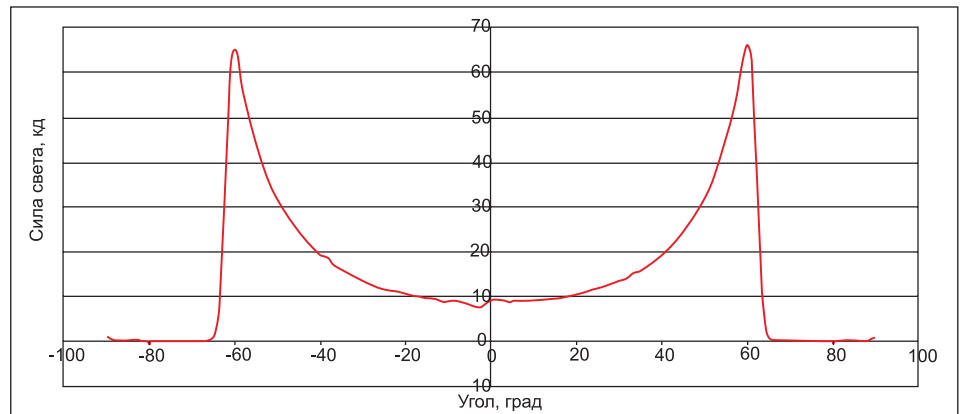


Рис. 4. Линзы Carclo с чистой, матированной и ребристой поверхностью

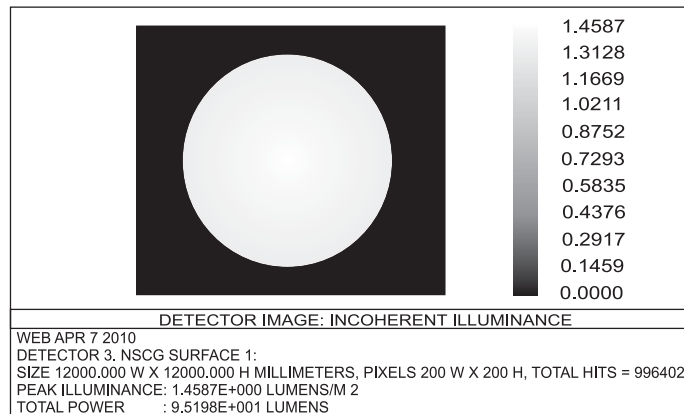
- широкий (wide) — угол светового пучка более 30°.

Дополнительная классификация отражает характеристики поверхности линзы: чистая (plain), матированная (frosted) и концентрическая ребристая (рис. 4).

В номенклатуре Carclo присутствуют примечательные изделия, например оптика, формирующая угол излучения 180° по уровню 0,5I, с равномерным распределением силы света во всех направлениях (10620). Также существует решение, формирующее угловое распределение силы света, позволяющее равномерно осветить область под источником света. На рис. 5 представлены кривая распределения силы света в пространстве линзой Carclo 10403 и распределение освещенности поверхности на расстоянии 2,5 м от нее. То есть производители предлагают широкий выбор оптических



а



б

Рис. 5. Линза Carclo 10403: а) распределение силы света; б) освещенность поверхности под линзой на расстоянии 2,5 м

элементов для решения той или иной задачи. Некоторые из них оказываются более эффективными, другие — менее.

Немаловажной характеристикой оптики является ее эффективность, то есть способность трансформировать световой пучок СИД с как можно меньшими потерями при его пространственном преобразовании. Одним из критериев, влияющих на эффективность оптики и, в частности, линзы, как было изложено выше, является соотношение между размером линзы и излучающей поверхностью светодиода. Но далеко не последнюю роль в борьбе за увеличение коэффициента пропускания играет материал, из которого изготовлена оптика. Он не должен мутнеть со временем и под действием окружающих факторов или излучения. В настоящее время линзы для СИД изготавливаются из полиметилметакрилата (ПММА). Он обладает невысокими показателями преломления и поглощения, которые в первую очередь обуславливают снижение светового потока при использовании линзовой оптики. Это проявляется потерями излучения на отражение при переходе границ раздела двух сред и поглощением в толще материала линзы. Так, при нормальном падении излучения на материал линзы потери на френелевское отражение могут быть оценены по формуле:

$$R = [(n_2 - n_1) / (n_2 + n_1)]^2,$$

где n_2 — показатель преломления ПММА, равный 1,49; n_1 — показатель преломления воздуха. Подставив значения, получим потери на отражение на одной границе 3,9%. Соответственно, потери на двух границах раздела сред составят 7,8% без учета рассеяния и поглощения светового потока. Поглощение излучения в толще материала линзы следует из закона Бугера:

$$A = 1 - e^{-\alpha l},$$

где α — коэффициент поглощения ПММА, равный 0,03 см⁻¹; l — толщина материала линзы. Отсюда следует, что при прохождении слоя ПММА толщиной 1 см будет поглощено 3% светового потока. Таким образом, в общем случае оптическая эффективность линз для СИД не превышает 89–90%.

Теоретически коэффициент отражения рефлекторов может быть выше коэффициента пропускания линз, но на практике он также составляет около 90%. Отражатель следует применять в источниках света с большой светящейся поверхностью, например, для светодиодов MP-L компании Cree. В этом случае линза должна обладать большими габаритными размерами и массой, что увеличивает затраты на материалы, поэтому более целесообразно применение отражателя. Несколько худшие оптические характеристики элемента компенсируются его стоимостью.

Определившись с выбором оптики, необходимо решить вопрос о ее установке. Специфика поставки вторичной оптики компании Carclo состоит в том, что оптические элементы из-

Таблица. Соответствие вторичной оптики и держателей Carclo

Оптика	Тип СИД, держатель*									Угол излучения с СИД Cree XP-E/XP-G, град.
	XP 10567-1	XP, RE 10279-3	MC 10513-1	MC, XR, GD 10276-3	RE 10236-1	XP 10654-1	MX 10657-1	XP, MX, XR, GD 10455-1	MC 10456-1	
10193	v	v	v	v	v					8
10194	v	v	v	v	v					10
10195	v	v	v	v	v					18
10196	v	v	v	v	v					32
10197	v	v	v	v	v					47,8
10208	v	v	v	v	v					19
10209	v	v	v	v	v					43
10003				v		v	v			12
10003/15				v		v	v			29
10003/25				v		v	v			42
10138				v		v	v			14
10139				v		v	v			21
10140				v		v	v			31
10003/L25				v		v	v			44,12
10192				v		v	v			47,13
10170	v	v		v	v	v				72
10048								v	v	6
10124								v	v	10
10108								v	v	20
10260								v	v	32
10049								v	v	44,6,3
10391								v	v	6
10392								v	v	12
10393								v	v	22
10394								v	v	26

Примечание:* — через дефис обозначено количество оптических элементов в держателе.

начально не комплектуются держателями, и разработчик может выбрать его, исходя из собственных нужд. Производитель предлагает на выбор несколько вариантов для установки линз с разными посадочными отверстиями — это круглые держатели под установку трех линз и одиночные круглые, шестигранные или универсальные на ножках. Держатели могут быть черного или белого цвета, а также прозрачные. В таблице приведено соответствие популярных оптических элементов диаметром 20 и 26,5 мм с некоторыми наиболее распространенными держателями фирмы Carclo для разных современных осветительных светодиодов.

Типы светодиодов:

- XP — Cree XP-C, XP-E, XP-G;
- XR — Cree XR-C, XR-E;
- MX — Cree MX-6, MX-3;
- MC — Cree MC-E;
- RE — Philips Lumileds Rebel;
- GD — Osram Golden Dragon.

Для расчета и моделирования фотометрические данные представляются в виде файлов двух форматов *.ies и *.ldt. В них содержится вся информация о распределении силы света в пространстве (фотометрическом теле) и об эффективности элемента. На сайте компании Carclo (www.carclo-optics.com) можно

получить фотометрические данные в формате *.ies практически на весь ассортимент вторичной оптики, которые измерены для большинства популярных осветительных светодиодов. Не потерять в огромном количестве оптических элементов поможет удобный организованный поиск, результатом которого будет полная информация по искомой линзе, отражателю или держателю к ним.

В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент вторичной оптики от самых различных производителей. Порой разработчику осветительной системы довольно сложно сделать выбор в пользу той или иной компании. Очевидно, что в этом случае следует отдавать предпочтение производителям, которые имеют хорошую репутацию, давно и успешно работают в области систем освещения и поставляют заведомо качественную продукцию. К таким компаниям, несомненно, относится Carclo Technical Plastics, основанная еще в 1924 г. А непосредственно разработкой и производством оптических систем и элементов компания занимается с 1936 г. Сегодня это один из ведущих производителей вторичной оптики для светодиодов, выпускающий широкий ассортимент продукции высокого качества практически для всех возможных приложений. ●