

Оптика для твердотельных источников света

Юрий Широков (Москва)

В статье рассматривается дополнительная оптика для светодиодных ламп CREE XLamp™, позволяющая эффективно решать проблемы конструирования источников света в самых различных областях.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОРОЖДАЕТ НОВЫЕ РЕШЕНИЯ

В течение примерно сорока лет были созданы многочисленные технологии производства светодиодов. В наши дни перспективными считаются лишь три из их числа: InGaN, GaN на подложке из карбида кремния, и AlInGaP. Первые две из них наиболее интересны в плане производства высокоэффективных кристаллов зелёного и голубого цветов свечения. Этим кристаллам уделяется повышенное внимание, потому что на их основе производятся белые светодиодные лампы. AlInGaP-технология позволяет получать кристаллы красного свечения.

Светодиод – наиболее стабильный и управляемый на сегодняшний день

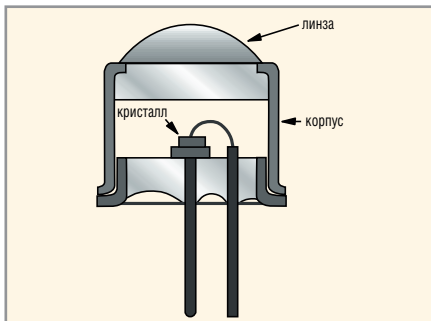


Рис. 1. Устройство светодиодной лампы

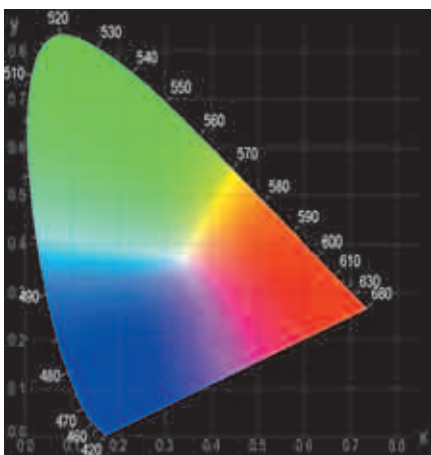


Рис. 2. Хроматическая диаграмма

источник света. Время наработки на отказ у современных светодиодных ламп доходит до 100 000 часов (более 10 лет непрерывной работы!). Этот не боящийся вибраций и ударов малогабаритный прибор идеален для встраивания в любые конструкции. Широкий температурный диапазон, в котором сохраняется работоспособность твердотельных светодиодных (SSL) ламп, открывает перед ними принципиально недоступные для других технологий области применения.

Упрощённо светодиодную лампу можно представить как конструкцию, состоящую из корпуса с закреплённым в нём излучающим кристаллом и простейшей оптической системы – собирающей линзы (рис. 1). У SSL-источника есть некоторые особенности, в силу принципов работы присущие только ему. В частности, его можно рассматривать практически как точечный, поскольку площадь излучающего кристалла мала и составляет даже у мощных светодиодов единицы квадратных миллиметров. Ещё одной особенностью является излучение цветными лампами в очень узкой полосе спектра. С некоторым приближением излучение любого светодиода, кроме белого, можно считать монохроматическим. Имеются твердотельные лампы, излучающие и в ультрафиолетовом, и в инфракрасном диапазоне. Мы же поговорим об оптике для ламп, излучающих видимый человеческим глазом свет.

ВИДИМЫЙ СВЕТ

Видимый человеческим глазом свет составляет лишь малую долю широкого спектра электромагнитного излучения, простирающегося от ультракоротких волн космического излучения до радиочастот, чьи длины волн могут достигать километров. Считается, что видимый участок спектра лежит в ди-

апазоне от 380 до 780 нанометров. Синий цвет – это 400...480 нанометров, по мере увеличения длины волны цвет воспринимается как голубой, зелёный, жёлтый, оранжевый, и красный. Весь диапазон видимого человеческому глазу излучения принято представлять в виде диаграммы (рис. 2). Здесь оси Y и X – хроматические координаты, отражающие оттенок и насыщенность цвета. Белый свет – это не чистый цвет спектра, а смесь различных цветов. Соотношение составляющих белый цвет «чистых» цветов определяет весьма важную его характеристику, называемую цветовой температурой. Разные цветовые температуры визуально воспринимаются как «тёплое» и «холодное» свечение.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ

Остановимся коротко на основных понятиях из геометрической оптики. Сделаем это, конечно, не для глубокого изучения предмета, а лишь с целью выделения основных свойств интересующего нас объекта.

Геометрическая оптика описывает законы поведения светового луча при его прохождении или отражении от различных материалов. Основные понятия, интересующие нас в рамках рассмотрения вопроса, – это рефракция, отражение, поглощение и рассеивание.

Рефракция

При переходе из одной среды в другую световой луч изменяет свою скорость и отклоняется от своей первоначальной траектории, он «преломляется» (рис. 3). Это явление и называется рефракцией. Степень рефракции зависит от двух факторов: угла, под которым луч входит в материал, и коэффициента рефракции материала. Последний представляет собой отношение скорости света в вакууме к скорости света в данном материале. Наибольшим из известных материалов коэффициентом преломления обладает алмаз.

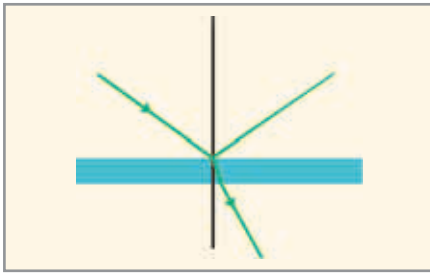


Рис. 3. Рефракция

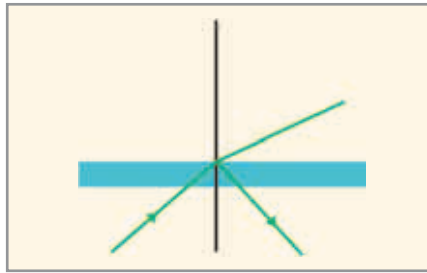


Рис. 4. Отражение

Внутреннее отражение

При переходе луча света из среды с большим коэффициентом рефракции в среду с меньшим коэффициентом наблюдается эффект отклонения луча от его нормального направления (рис. 4). Если угол, на который отклоняется луч, будет увеличиваться, то в какой-то момент наступят условия для полного отражения луча. Этот эффект используется, например, в оптоволокне, где лазерный луч распространяется на большие расстояния, отражаясь от границы стекло-воздух.

Поглощение и рассеивание

Многие светопрозрачные материалы имеют свойство селективного поглощения световых лучей. Поглощённое материалом световое излучение превращается в тепло. Рассеивание наблюдается при попадании светового луча на неровную неоднородную поверхность. При этом за счёт различных углов наклона участков поверхности к лучу и различных коэффициентов рефракции фрагментов неоднородной среды происходит рассеивание светового луча.

ЗАЧЕМ НУЖНА ОПТИКА?

По мере появления всё более совершенных образцов SSL-ламп и снижения цен на них интерес производителей светотехнического оборудования к этим приборам растёт. Можно считать, что психологический барьер недоверия к новой технологии преодолён и начался этап её активного внедрения.

Безусловно, производители светодиодных ламп не в состоянии выпускать сотни модификаций своих изделий со встроенной оптикой для различных областей, а число перспективных и совершенно неожиданных применений этих источников света растёт. Например, стандартная светодиодная лампа серии XLamp™ 7090 имеет угол рассеяния около 100°. Безусловно,

но, есть приложения, для которых эта её характеристика идеально подходит. Но в большинстве случаев для формирования луча с требуемыми характеристиками необходима другая оптика. Естественное решение проблемы – производство оптики для твердотельных ламп третьими фирмами (рис. 5, 6). В настоящее время можно назвать уже несколько компаний, изготавливающих такую оптику. Изготавливаются фокусирующие и рассеивающие линзы, в том числе и линзы Френеля, как для одиночных светодиодных ламп, так и для целых кластеров. Отдельное и весьма перспективное направление – автомобильные системы освещения (рис. 7). В этой области ведутся разработки практически всеми значимыми участниками рынка автомобильной промышленности. Можно ожидать, что в 2006 – 2007 гг. появятся коммерчески доступные модели светодиодных автомобильных фар, по своим параметрам не уступающих нынешним ксеноновым.

Какими же свойствами должна обладать линза, чтобы не свести на нет все достоинства уникального источника света?

Конечно же, она должна быть сделана из высококачественного светопрозрачного материала и иметь качественно обработанные поверхности, дабы исключить поглощение и рассеяние значительной части излучения лампы. Она должна быть компактной и легко устанавливаемой на плату, где смонтирована лампа. Она должна хорошо согласовываться с оптической системой лампы и минимизировать потери, возникающие в результате отражения луча (в том числе и внутреннего).

Поскольку в настоящее время общепризнанным лидером в производстве твердотельных ламп является компания CREE, предлагается рассмотреть наиболее интересную оптику, доступную для её изделий.



Рис. 5. RelyOn – модель фонаря с тремя светодиодами XLamp™ производства компании CREE

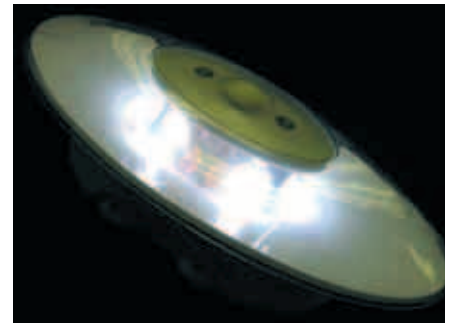


Рис. 6. EverOn – многоцелевой аварийный светильник с питанием от 4 батарей AA



Рис. 7. Концептуальная разработка: автомобильная светодиодная фара

Заметим, что для любой оптики у цветных ламп будет всегда несколько более узкий пучок, нежели у белых с теми же линзами.

Линзы производства компании FRAEN серии FC

Представляют собой низкопрофильную оптику, специально оптимизированную для использования с лампами XLamp™ 7090. Асферический профиль обеспечивает собирание луча в узкий пучок с минимальными потерями. Выходной поток составляет 85% от полного потока лампы. Линзы не имеют собственного крепления и снабжаются специальными холдерами для крепления на плате (на рис. 8 – чёрные). Типовые области применения этой оптики:

- настольные лампы,



Рис. 8. Оптика компании Fraep. Серия FC

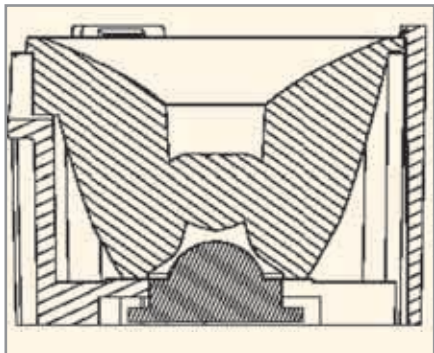


Рис. 9. Сборка из лампы, линзы и холдера

- световые сигналы и указатели,
- архитектурная подсветка,
- уличное освещение.

Материал линз – оптически чистый PMMA (полиметилметакрилат) с пропускающей способностью в видимой части спектра порядка 90%.

На рис. 9 показана сборка из лампы, линзы и холдера.

Линзы производства компании КНАТОД OPTOELECTRONIC СЕРИИ KEPL35

Формируют узконаправленный пучок с углом 21° (модель с индексом 06) и 41° (модель с индексом 25) для ламп белого свечения. Габариты линз можно увидеть на рис. 10. На рис. 11 приведены сравнительные значения яркости на различных расстояниях для лампы с линзой относительно лампы без линзы. Например, 6,6X означает, что на расстоянии 1 метр яркость с линзой в 6,6 раза больше.

Линзы производства компании L2OPTICS СЕРИИ OPTX

На рисунке 12 показана базовая линза серии. Оригинальный, простой и надёжный способ крепления линз заслуживает особого внимания, поскольку идеально подходит для промышленного производства (см. рисунок 13): линзы не имеют отдельного

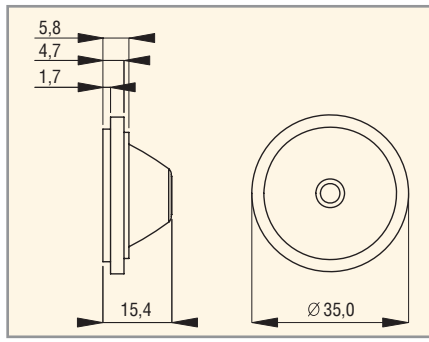


Рис. 10. Линзы производства компании Khatod optoelectronic

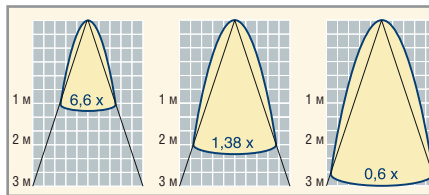


Рис. 11. Относительная яркость на различных расстояниях от источника

холдера и крепятся к основанию посредством адгезивной прокладки. Серия так же, как и оптика Fraep, оптимизирована для использования с лампами Xlamp™ 7090. Материал линз – также оптически чистый PMMA, гарантирующий стабильные свойства и высокую прочность изделия. Базовая линза серии представляет собой формирователь узкого пучка. Она может использоваться как сама по себе, так и в комплекте с диффузерами (рассеивателями), также входящими в состав этой серии. Базовые линзы, дополненные насадками, могут применяться для создания рассеянного пучка, широкого круглого пучка и овального пучка. Выходной поток линзы гарантированно составляет не менее 85% исходного потока лампы. Вид насадок на базовую линзу показан на рис. 14. Здесь слева направо: рассеивающая насадка, насадка широкого пучка, насадка овального пучка. Базовая линза серии без насадок обеспечивает угол 6°, наименьший из всех доступных на данный момент линз. Применение диффузера увеличивает угол до 8°, широкоугольная насадка увеличивает угол ещё больше – до 16°, а эллиптическая создаёт овал 8° × 25°.

На базе оптики L2Optics удачно реализуются различные автономные осветительные приборы, как то:

- фонари,
- прожекторы,
- светильники аварийного освещения.

К примеру, линза L2Optics OPTX без дополнительных насадок в сочета-



Рис. 12. Базовая линза серии OPTX



Рис. 13. Принцип крепления линзы на плату

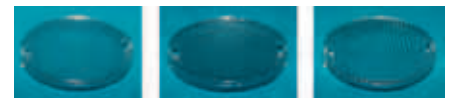


Рис. 14. Насадки на базовую линзу

нии с лампой CREE Xlamp™ 7090 идеальна для шахтерских или спасательских фонарей.

Итак, мы вкратце рассмотрели специализированную оптику от трёх производителей. Всех их объединяет профессиональный подход и отсутствие стремления создать «универсальный» продукт – линзу, подходящую ко всем твердотельным лампам, имеющимся на рынке. Пагубность «универсализации», которой грешат производители дешёвой оптики, очевидна: при этом нарушаются все основные требования, предъявляемые к таким изделиям. Выгода в цене также весьма спорна, поскольку оптика из низкокачественного материала, поглощая и рассеивая весьма значительную часть светового потока, снижает уникальную светоотдачу лампы Xlamp™ до уровня дешёвых низкокачественных продуктов. Вся оптика, рассмотренная в данной статье, опробована в лаборатории компании ПРОСОФТ и поставляется как в составе модулей, так и отдельно. Более подробную информацию о применении светодиодных модулей, производимых на базе ламп CREE, можно получить, обратившись в отдел перспективных разработок ПРОСОФТ.

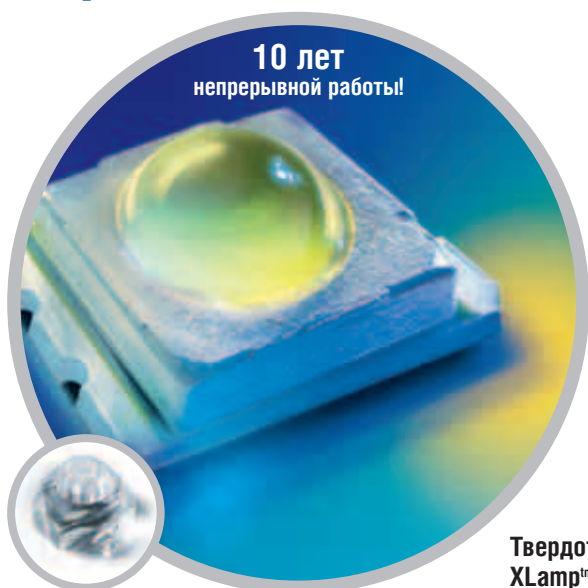
Продолжение следует.



Яркая идея для вашего бизнеса



Готовые источники света на основе твердотельных ламп



Твердотельная лампа XLamp™ 7090

Области применения

- Автономные источники света
- Взрывобезопасное осветительное оборудование
- Уличные и бытовые светильники
- Ландшафтная подсветка
- Светофоры и сигнальные устройства
- Автомобильное осветительное оборудование

Технические характеристики ламп XLamp™

	Мощность лампы, Вт		
	0,5	1	3
Габариты, мм	4,5x5	7x9	7x9
Световой поток, лм	до 23,5	до 87	до 113
Рабочий ток, mA	125	350	700
Угол излучения, град	100	100	100

Цвета свечения

Белый		●	●
Глубокий голубой	●	●	●
Голубой	●	●	●
Бирюзовый	●	●	●
Зелёный	●	●	●
Янтарный	●	●	●
Красно-оранжевый	●	●	●
Красный	●	●	●



Контроллер бесперебойного питания для автономных систем освещения



Контроллер для управления лампами XLamp™ 7090

Технические характеристики контроллеров

Напряжение питания, В	Модель XLD-001	+0,9...3,2
	Модель XLD-002	+2,7...4,2
	Модель XLD-003	+4,75...24
	Модель XLD-004**	~80...250 В, 50 Гц
Номинальный выходной ток, mA*		350/700
Электронное включение/отключение		+
Индикатор разряда батареи*		+
Регулировка яркости* (управление одной кнопкой)		Четырёхступенчатая: 0%–30%–70%–100%
Режим экономии энергии при разряде батареи*		+
Средний КПД, %**		94

* В моделях XLD-001- XLD-003

** Выход до 10 XLamp™



Любые модификации контроллеров в соответствии с вашими требованиями!

PROSOFT®

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (095) 234-0636 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru