

«Просветленный» источник.

О резерве повышения энергоэффективности светодиодов

При обсуждении проблем и направлений развития светотехнической отрасли важное место занимает вопрос повышения эффективности полупроводниковых источников света. С момента начала промышленного освоения в нашей стране светодиодов для использования в качестве основы светотехнических приборов, в середине 70-х годов прошлого века [1] полупроводниковые источники света по своей эффективности уверенно обошли лампы накаливания. Однако по уровню светоотдачи они все еще не дотягивают до газоразрядных ламп. По авторитетному мнению В. С. Абрамова, для получения реальной экономии от применения светодиодных источников необходимо, чтобы их КПД достиг 80%.

В настоящее время сфера применения светодиодных источников стремительно расширяется: на сегодня они уже широко применяются в осветительных приборах не только бытового, но и промышленного назначения. Это происходит благодаря выдающимся свойствам, во многом определяющим их применимость: разнообразию спектральных и пространственных характеристик излучения, устойчивости ко внешним климатическим факторам, долговечности, надежности, отсутствию необходимости регламентного технического

обслуживания и т. д. Планомерное совершенствование «начинки» диодных источников света с каждым годом делает их все более эффективными.

На фоне высокотехнологичной гонки за светоотдачей самого источника проблеме потерь светового потока после того, как он покинул *p-n*-переход, практически не уделяется никакого внимания, а между тем, здесь может скрываться до 10% потерь. Автор предлагает читателям поискать резервы повышения эффективности светодиодов во вторичной оптике, оставив ученым-экспериментаторам

и технологам поиск путей повышения внешнего квантового выхода полупроводниковых излучающих кристаллов.

Для определения сектора поиска рассмотрим кратко конструкцию светодиодных источников на примере наиболее типичных полупроводниковых излучателей. Очевидно, кристалл с излучающим *p-n*-переходом необходимо защищать от воздействия внешних факторов. Для этого в самом простом варианте — в светодиодах, предназначенных для замены миниатюрных ламп накаливания, для работы в качестве портативных источников света, световых ориентиров и знаков, для архитектурной подсветки, освещения тротуаров и т. п., то есть там, где допустим достаточно широкий угол обзора $2\theta_{1/2} \sim 120^\circ$, — ячейку заливают компаундом [2] (КА-8070/3, КТ-2117).

Для сужения диаграммы пространственного распределения силы света примерно до 90° , а иногда и до 20° (KAD1-1010), применяют фокусирующие линзы куполообразной формы [2] (KADS-8070, KTDG-8080) (рис. 1). Применяются такие диоды в светофорах, для освещения в автомобилях, в портативных фонарях, внешнем и внутреннем освещении, в архитектурной и ландшафтной подсветке, медицине, стоматологии и т. д. Для еще большего обострения угла свечения ($2\theta_{1/2} \sim 15^\circ$) используют специальные фокусирующие линзы: LT-019 [2], LZ4-04MDCA [3], PL50SIL [4]; в редких случаях — даже сапфировые.

В любом случае конструктивного исполнения светодиода легко заметить, что световое излучение вынужденно пересекает границу «оптический материал–воздух», где неизбежно происходит его отражение. В зависимости от углов падения и оптической плотности материалов защитных стекол или фокусирующих линз светодиодов, потери мощности излучения могут достигать тех самых 10%, о которых говорилось выше. Причем здесь мы имеем дело не только с потерями светового потока, но и с вредным воздействием на сам источник: отраженная мощность возвращается в светодиод, разогревая его, что не способствует продолжительности срока его эксплуатации.

И здесь на помощь могут прийти давно используемые в оптике методы уменьшения отражения. Это так называемое «просветление», хорошо известное тем, кто имеет дело с очками или фото- и видеотехникой. Суть этого метода сводится к нанесению на границу оптических

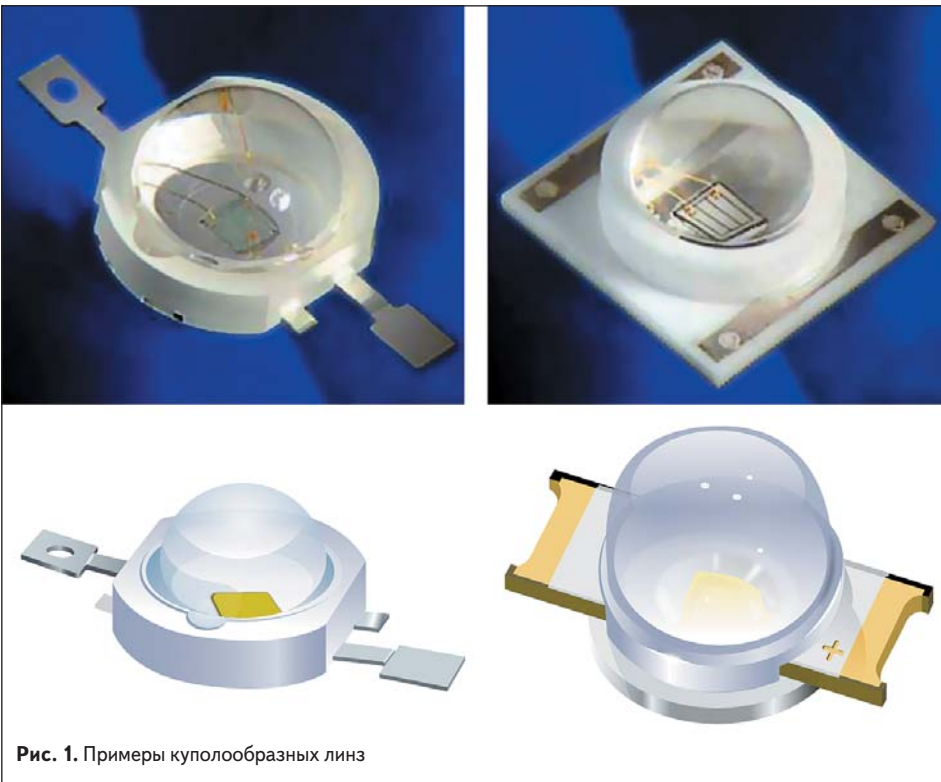
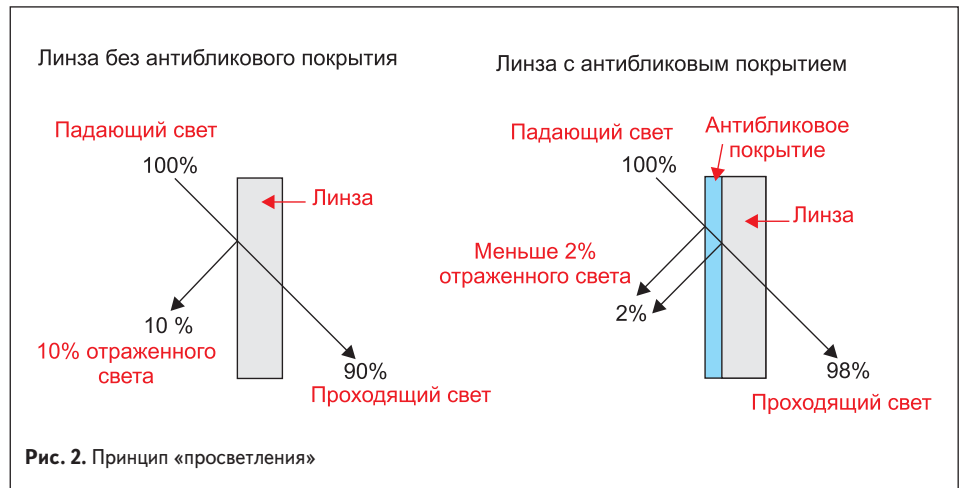


Рис. 1. Примеры куполообразных линз

сред с показателями преломления n_1 и n_2 слоя вещества оптической плотности n_3 — так, что $n_1 > n_3 > n_2$ (рис. 2). При толщине такого слоя, составляющей нечетное число четвертей длин волн ($\lambda/4$) света, испускаемого источником, отражение от границы раздела резко падает и может быть практически сведено к нулю путем использования двух-, трех-, или, скажем, пятислойного оптического покрытия.

В настоящее время доступны различные технологии нанесения просветляющих оптических покрытий и соответствующее оборудование (рис. 3). Ввиду того, что нанести слои толщиной в доли микрон в атмосфере не представляется возможным, для нанесения просветляющих покрытий используются вакуумные напылительные установки. Материалы, из которых в конечном итоге на оптических деталях формируются покрытия, способствующие повышению пропускания светового потока, испаряются в вакуумных камерах различными методами: при помощи электронного луча; электрическим током, нагревающим термический испаритель; путем бомбардирования мишени испаряемого материала ионами газа с высокой атомной массой (так называемый магнетронный метод). Вакуумное напыление позволяет также упрочнить внешнюю сторону фокусирующих линз, придавать им грязе- и водоотталкивающие свойства. Лидирующую позицию в технологии вакуумного напыления уже более 100 лет занимает немецкая фирма Leybold Optics, теперь входящая в швейцарский концерн Buhler AG.



На данный момент ресурсы увеличения энергоэффективности самих светодиодов далеко не исчерпаны, и производители пока еще всерьез не рассматривают вакуумное напыление вторичной оптики как дополнительный метод повышения КПД источников света этого типа. А между тем в недалеком будущем, когда конструкция самих излучателей достигнет совершенства, идея нанесения просветляющих/антибликовых/антирефлексных покрытий на оптические элементы (защитные стекла и фокусирующие линзы), несомненно, станет еще одним ресурсом повышения энергоэффективности полупроводниковых ламп. ●

Литература

1. Никифоров С. Долгая дорога к светофорам. Свет снаружи — взгляд изнутри // Полупроводниковая светотехника. 2013. № 5.
2. Петропавловский Ю. Особенности и параметры светодиодов фирмы Kingbright // Современная электроника. 2010. № 8.
3. RGBW-светодиоды от Led Engin // Современная светотехника. 2013. № 5.
4. Васильев А. Линзы из силикона: «нишевая» технология или будущее оптики для светодиодов? // Новости электроники + Светотехника. 2013. № 1.

