

Игорь Матешев | Андрей Туркин

# Светодиодные модули с первичной оптикой

## на примере изделий компании Light Engines Corporation

**В статье представлено описание светодиодных модулей от Light Engines Corporation, обладающих некоторыми специфичными особенностями. Приведены примеры их применений в различных областях.**

### Введение

Светодиодные модули за последнее время прошли значительный путь развития от громоздких и малоэффективных устройств до современных, компактных, обладающих высокой яркостью устройств. Эти устройства представляют собой основание, как правило, печатную плату, на которой установлены светодиодные кристаллы, смонтированные по технологии chip-on-board и электрически соединенные в последовательно-параллельные цепочки. Одним из преимуществ светодиодных модулей является экономия времени и средств, требуемых для разработки и создания систем освещения.

Светодиодные модули вышли на рынок в начале XXI в. Одним из первых известных мировых производителей, которые стали уделять особое внимание их разработке и развитию, была компания Sharp [1, 2]. Световой поток их устройств составлял порядка 500 лм. Сейчас показатели светодиодных модулей, выпускаемых многими компаниями, значительно выросли, а цена стала более привлекательной. Выпуск светодиодных модулей, собранных по технологии chip-on-board, стали также развивать другие производители, например Bridgelux и Citizen.

В настоящее время светодиодные модули занимают крайне важное место в каталоге продукции большинства известных производителей светодиодов.

### Технология chip-on-board

Технология chip-on-board появилась в конце 70-х годов XX в. и использовалась в тот момент преимущественно для производства гибридных микросхем, которые получили широкое применение в 80-е годы прошлого века в различных областях электронной промышленности [3, 4]. При использовании данной технологии кристаллы (или чипы) монтируются в многокристальной сборке непосредственно на плату-подложку, что обеспечивает хороший отвод тепла, высокую надежность, миниатюрность, а также увеличивает экономическую целесообразность. Для получения белого цвета свечения такого модуля кристалл покрывается сверху люминофором. Как правило, люминофор смешивается с оптическим гелем, который после нанесения на кристаллы полимеризуется, образуя пленку относительно небольшой толщины. Данная пленка является своеобразной первичной оптической системой такого светодиодного модуля. Синий свет кристалла, проходя через данную пленку, частично поглощается люминофором и возбуждает его, в результате чего происходит свечение люминофора в желто-зеленом спектральном диапазоне [4, 5]. В результате смешения синего и желто-зеленого цвета образуется белый цвет свечения [4, 5]. При использовании таких светодиодных модулей в светильниках для получения требуемой кривой силы света необходимо использовать вторичную оптику, которую производят многие компании.

Неоспоримым преимуществом технологии chip-on-board является эффективный отвод тепла от кристалла. Ключевым параметром является температура его  $p-n$ -перехода. При работе изделия нельзя допускать ситуации, когда значение температуры  $p-n$ -перехода кристалла превышает предельно допустимое значение, приводимое в спецификации на кристалл или светодиод.

При использовании технологии chip-on-board кристалл монтируется непосредственно на плату, что означает отсутствие вклада в тепловое сопротивление других компонентов светодиода, в результате чего тепловое сопротивление модуля уменьшается. Согласно оценкам, проведенным в работе [4], температура  $p-n$ -перехода  $T_j$  светодиодного модуля с тремя кристаллами, смонтированными по технологии chip-on-board, при токе 350 мА через каждый составляет около +58 °С, тогда как у аналогичного модуля с тремя дискретными мощными светодиодами при том же токе эта величина составит примерно +76 °С. Полученные результаты моделирования показывают, что в случае применения технологии chip-on-board значение температуры  $p-n$ -перехода светодиодного модуля почти на 25% ниже, чем в случае модуля на основе светодиодов [4]. Поэтому для такого изделия можно использовать и повышенный ток, например 700 мА, через кристалл без существенного риска превышения максимально допустимой температуры  $p-n$ -перехода, значение которой для светодиодных кристаллов большинства производителей составляет +125 °С [4]. Однако у некоторых производителей есть кристаллы, максимальная рабочая температура которых составляет +150 °С, и указанный режим устройства на таких кристаллах, собранных по технологии chip-on-board, является вполне рабочим [4].

Однако стоит сказать и о недостатках технологии. В большинстве таких модулей кристаллы расположены близко друг к другу. При увеличении мощности за счет повышения рабочего тока и, как следствие, росте температуры конвекционные процессы нагрева могут привести к тому, что уже не будет столь эффективно отводиться тепло от  $p-n$ -перехода: смонтированные рядом кристаллы будут греть друг друга. При непрерывной работе такого модуля нагрев сказывается на характеристиках кристалла и люминофора [3–5], что вызывает ускоренную деградацию модуля — снижение светового потока и изменение цветовой температуры [6].

Кроме того, для получения у светильника на основе таких модулей требуемой кривой силы света (КСС) необходимо применять вторичную оптику, что снижает эффективность системы освещения, поскольку линза является групповой для нескольких кристаллов.

### Светодиодные модули компании Light Engines Corporation

Проблему можно решить, если располагать кристаллы на плате на определенном расстоянии друг от друга [3, 4]. Такая дистанция между чипами позволяет избежать их перегрева за счет конвекции: получается, что под каждым кристаллом есть достаточно симметричная часть платы, которая является первичным теплоотводом. Таким образом улучшается тепловой режим работы каждого кристалла и, соответственно, модуля в целом.

Также в таких модулях каждый чип оснащен индивидуальной первичной линзой [4], обеспечивающей определенную КСС. При установке таких модулей с КСС, требуемой для того или иного применения, в осветительную арматуру можно получить светильник для конкретного применения, например для освещения улицы или двора, промышленного предприятия или офиса. Пространство под линзой заполняется гель-люминофорной смесью, что обеспечивает



Рис. 1. Светодиодный модуль Inda Flood компании Light Engines Corporation (форм-фактор 2×8)

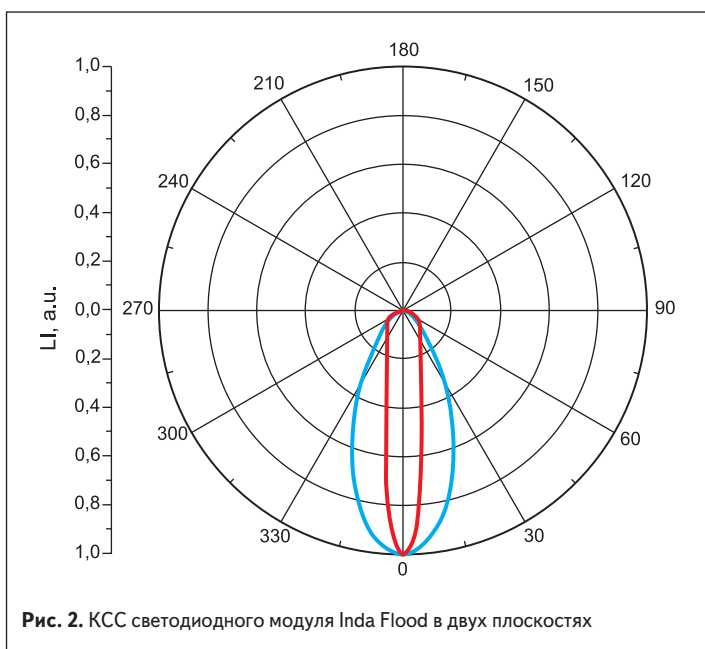


Рис. 2. КСС светодиодного модуля Inda Flood в двух плоскостях

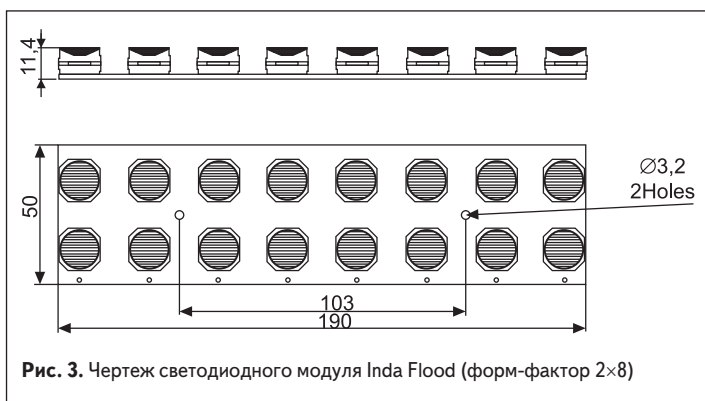


Рис. 3. Чертеж светодиодного модуля Inda Flood (форм-фактор 2×8)

получение белого цвета свечения и уменьшение потерь при выводе излучения за счет лучшего соотношения показателей преломления материалов кристалла, линзы и оптического геля [4].

Использование таких модулей значительно упрощает разработку светильников и, следовательно, выполнение проектов, когда производитель уже подобрал оптимальные значения цветовой температуры, произвел сборку светодиодного модуля и обеспечил нужную КСС, требуемую на объекте.

Light Engines Corporation собирает свои изделия как раз по описанной технологии. Фирма образовалась в 2008 г. и быстро стала одним из ведущих игроков на рынке светотехнической продукции. Продукция компании является энергосберегающей, обладает высокой надежностью и представляет собой светодиодные модули со встроенной первичной оптикой, оптимизированные по тепловому рассеиванию и готовые к подключению и использованию. В конструкции изделий компании применяются защищенные патентами инновационные решения в оптике и технологии сборки светодиодных модулей. При разработке продукции специалисты компании фокусируются на конкретных применениях. С одной стороны может показаться, что это делает изделия компании узкоспециализированными, но можно сказать, что это позволяет получать конкурентоспособные продукты.

Хорошим примером использования модулей Light Engines Corporation является установка их в системы уличного освещения. В корпус светильника можно установить произвольное количество модулей с общим источником питания и управляющим драйвером. Это позволяет сохранить определенную гибкость при необходимости изменять уровень освещенности. Конструкция такого светильника очень проста и может быть собрана без каких бы то ни было трудностей. Кроме того, компания предоставляет всю необходимую документацию для заказчиков, в том числе и рекомендации по применению.

### Модуль Inda Flood

Индустриальный модуль Inda Flood (рис. 1) предназначен для промышленных применений — для освещения помещений с высокими потолками. Уникальная узконаправленная асимметричная КСС данного модуля (рис. 2) позволяет решать самые сложные задачи освещения проходов и рабочих зон.

Модуль способен работать при широком диапазоне температур —  $-60...+60$  °С, что расширяет спектр применения модуля за счет возможности установки в помещениях с жесткими температурными условиями.

Светодиодные модули Inda Flood выпускаются в форм-факторах 2×8 и 2×6, с типичным световым потоком в 1400 и 1050 лм соответственно. Все модули работают при токе в 350 мА, однако способны выдерживать колебания до 400 мА. Габаритные размеры (мм) светодиодного модуля Inda Flood в форм-факторе 2×8 даны на чертеже, представленном на рис. 3.

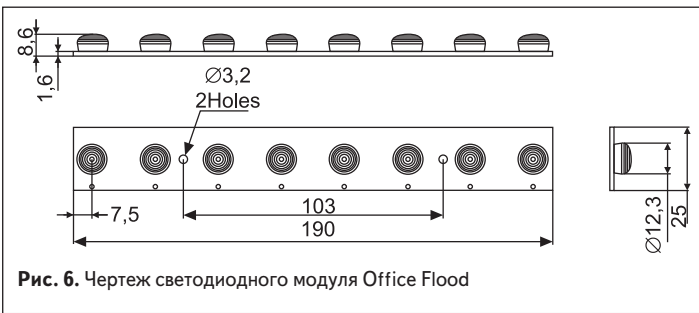
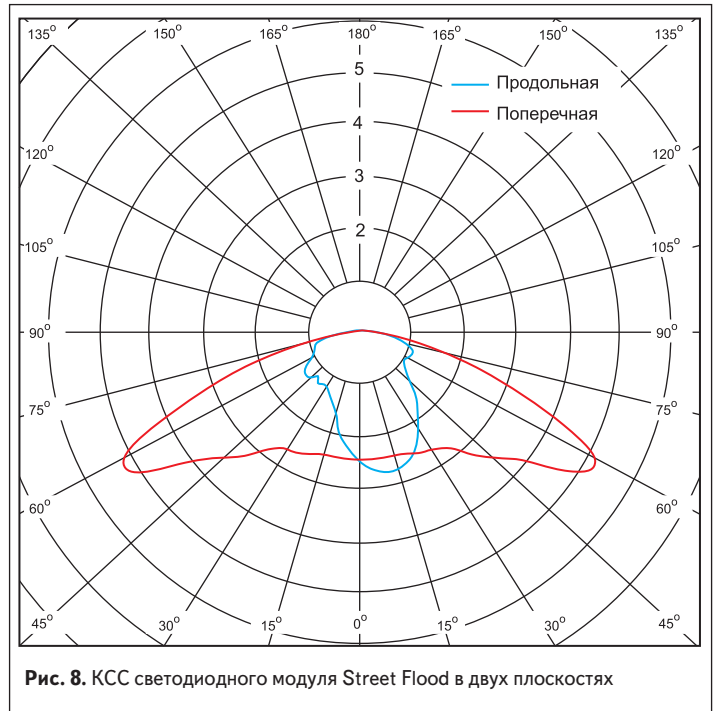
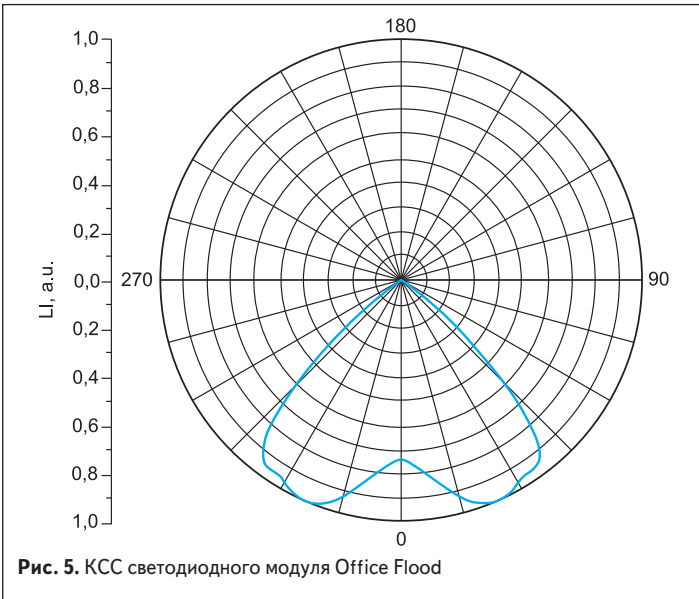
Цветовая температура модуля в 4500 К обеспечивает наиболее подходящий для помещений естественный оттенок белого света, а небольшая потребляемая мощность, равная 14 Вт (для модуля 2×6) и 17 Вт (для модуля 2×8), благоприятно сказывается на энергозатратах проекта, где данный модуль планируется применять.

### Модуль Office Flood

Светодиодные модули Office Flood (рис. 4) специально разработаны для офисного освещения и удовлетворяют всем требованиям соответствующих стандартов. Первичная оптика обеспечивает необходимую КСС (рис. 5) с учетом «защитных» углов, не допускающих ослепления присутствующих



Рис. 4. Светодиодный модуль Office Flood компании Light Engines Corporation



корпусов в случае использования источника питания и коробок с соединительными клеммами, также предназначенными для применения в наружных условиях.

Светодиодные модули сконструированы таким образом, чтобы в светильнике они располагались параллельно проезжей части. Это позволяет увеличить световой поток и мощность потребления уличных светильников путем увеличения модулей от одного до любого количества.

Светодиодные модули Street Flood выпускаются в двух форм-факторах: 2×6 и 2×8, с различной цветовой температурой: от естественного белого цвета (4500 К) до холодного оттенка (6500 К). Размеры (мм) светодиодного модуля Street Flood в форм-факторах 2×6 и 2×8 указаны на чертежах, представленных на рис. 9а и 9б соответственно.

в помещении людей, равномерное распределение света на освещаемой поверхности и низкую яркость для прямого наблюдателя.

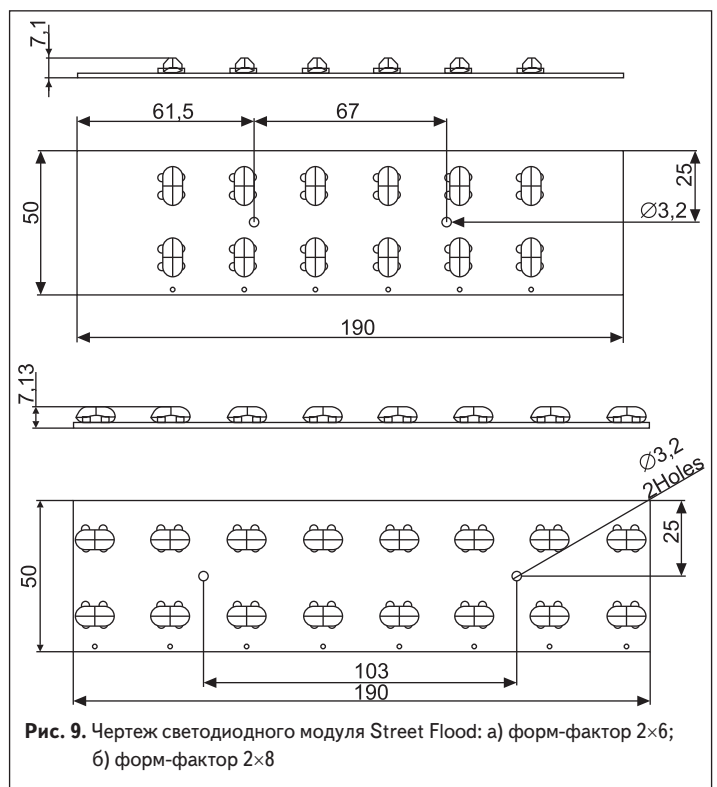
Модули выпускаются в форм-факторе 1×8, размеры модуля (мм) указаны на чертеже, представленном на рис. 6. Типичное значение светового потока составляет 750 лм.

Естественная цветовая температура 4500 К в сочетании с компактными размерами и потребляемой мощностью 9 Вт делает данный модуль отличным решением для освещения офисов, конференц-залов и прочих помещений, где требуется яркий, естественный свет при низком энергопотреблении.

### Модуль Street Flood

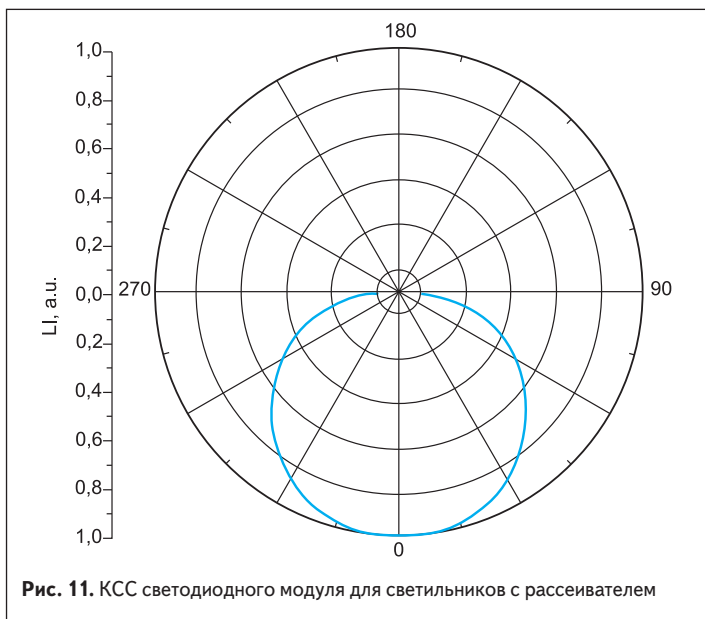
Специально разработанные для уличного освещения модули Street Flood (рис. 7) имеют широкую КСС (рис. 8), необходимую для освещения улиц, и IP65 исполнение, что позволяет делать простые по конструкции эффективные уличные светильники различной мощности, способные конкурировать со светильниками, в которых используются в качестве источников света ртутные и натриевые лампы.

Модули Street Flood предназначены для использования в наружных условиях без использования герметичных корпусов. Благодаря им возможно полностью отказаться от использования герметичных

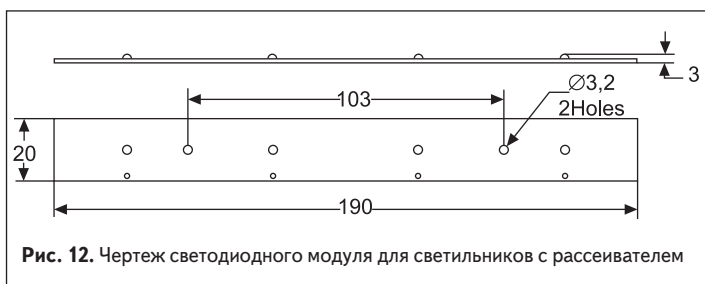




**Рис. 10.** Светодиодный модуль для светильников с рассеивателем компании Light Engines Corporation



**Рис. 11.** КСС светодиодного модуля для светильников с рассеивателем



**Рис. 12.** Чертеж светодиодного модуля для светильников с рассеивателем

Низкая потребляемая мощность 13–18 Вт, рабочий ток 350 мА, высокий световой поток и широкий температурный диапазон позволяют применять данный светодиодный модуль в большинстве современных уличных комплексов освещения.

### Модуль для светильников с рассеивателем

Светодиодные модули ненаправленного света (рис. 10) разработаны для применения в арматуре светильника с рассеивателем. КСС модуля представлена на рис. 11. Эти модули рекомендуется использовать в офисных светильниках, светильниках ЖКХ и других типах светильников, допускающих использование ненаправленного света.

Эти модули — одно из самых экономичных решений. Низкая потребляемая мощность, равная 4,5 Вт, и достаточно низкая себестоимость делают их привлекательным выбором при разработке проектов. Как и другие модули компании Light Engines, они имеют цветовую температуру в 4500 К, широкий температурный диапазон. Рабочий ток составляет 350 мА.

Размеры (мм) светодиодного модуля указаны на чертеже, представленном на рис. 12.

### Заключение

Светодиодные модули занимают все большую долю на рынке благодаря простоте установки, надежности и энергосбережению, а именно эти факторы являются решающими при выборе источников систем освещения.

Light Engines Corporation достигла значительных успехов в разработке и производстве светодиодных модулей, и это позволяет ожидать, что продукция компании будет занимать на рынке все большую долю. ●

### Литература

1. Смирнов В., Туркин А. Sharp LED — и мощно, и ярко // Полупроводниковая светотехника. 2010. № 2.
2. Смирнов В., Туркин А. Вопросы применения светодиодных модулей Sharp в светотехнических изделиях // Полупроводниковая светотехника. 2010. № 3.
3. Когтева Е. Chip-on-Board Single lens: энергия будущего // Современная светотехника. 2012. № 3.
4. Матешев И., Туркин А. Светодиодные источники света компании Light Engines Corporation // Современная электроника. 2013. № 3.
5. Светодиоды и их применение в освещении. Под ред. Ю. Б. Айзенберга. ЗАО «Дом света» совместно с фирмой Osram. М.: Знак. 2012.
6. Полищук А. Г., Туркин А. Н. Деградация светодиодов на основе гетероструктур нитрида галлия и его твердых растворов // Светотехника. 2008. № 5.