

# Светодиодные источники света компании Light Engines Corporation

Игорь Матешев, Андрей Туркин (Москва)

В статье представлен обзор светодиодных модулей компании Light Engines Corporation. Компания, вышедшая на рынок светодиодной продукции в 2008 году, продолжает динамично развиваться и выпускать новые модели светодиодных кластеров, предназначенных для различных систем освещения.

## ВВЕДЕНИЕ

Готовые светодиодные модули начинают пользоваться большим спросом в современной промышленности. Эти устройства представляют собой основание – печатную плату, на которой установлены светодиодные кристаллы, соединённые в последовательно-параллельные цепочки. Основным преимуществом светодиодных модулей является экономия времени и средств, требуемых для разработки и создания систем освещения.

Светодиодные модули начали появляться на рынке в начале 2000-х годов. Одним из первых мировых производителей, которые стали уделять особое внимание их разработке и развитию, была компания Sharp [1, 2]. Световой поток таких модулей составлял порядка 500 люмен. В настоящее время данный параметр светодиодных модулей значительно выше, а цена стала более привлекательной. Выпуск светодиодных модулей типа «chip-on-board» (кристаллы на плате, КнП) стали наращивать и другие производители, например, Bridgelux и Citizen. В настоящее время светодиодные модули предлагают практически все компании – производители светодиодов.

## Технология КнП

Технология КнП появилась в конце 1960-х годов и использовалась для производства гибридных интегральных

микросхем (ГИМС): кристаллы бескорпусных активных элементов монтировались непосредственно на плату – подложку, что обеспечивало хороший отвод тепла, высокую надёжность, миниатюрность, а также экономическую эффективность. В результате ГИМС получили широкое распространение в различных областях электронной промышленности [3].

В современных КнП для получения белого цвета свечения модуля на кристалл светодиода наносят люминофор. Как правило, он смешивается с оптическим гелем, который полимеризуется, образуя плёнку небольшой толщины – своеобразную первичную оптическую систему светодиодного модуля КнП. Синий свет кристалла, проходя через данную плёнку, частично поглощается люминофором и возбуждает его, в результате чего происходит свечение люминофора в жёлто-зелёном спектральном диапазоне. В результате смешения синего и жёлто-зелёного цвета образуется белый цвет свечения [4]. При использовании таких светодиодных модулей в светильниках, для получения требуемой кривой силы света (КСС), необходимо применять вторичную оптику, которую производит достаточно много компаний.

Ключевым параметром надёжности и долговечности светодиода является температура его р–п-перехода. При работе изделия нельзя допускать, чтобы

температура р–п-перехода кристалла превышала предельно допустимое значение, приводимое в спецификации на кристалл или светодиод.

Перегрев р–п-перехода  $\Delta T$  относительно поверхности печатной платы, корпуса устройства или окружающей среды можно оценить через тепловое сопротивление устройства по формуле [4]

$$\Delta T = P_{CD} \times R_{th_{CD}} + P_{CD\Sigma} \times R_{th_{радиатор}} \quad (1)$$

С помощью преобразования формулы (1), при известных тепловом сопротивлении светодиода или кристалла, параметрах материалов, использованных при монтаже, и температуре окружающей среды  $T_{атм}$ , можно оценить температуру р–п-перехода  $T_j$  светодиода в конечном устройстве по формуле [4]

$$T_j = T_{атм} + P_{CD} \times R_{th_{CD}} + P_{CD\Sigma} \times R_{th_{радиатор}} \quad (2)$$

С помощью формулы (2) можно определить, при какой температуре это устройство может работать. Пример тепловой схемы светодиодного устройства приведён на рисунке 1. На основании схемы можно произвести тепловой расчёт светодиодного модуля с тремя мощными светодиодами при окружающей температуре  $T_{атм} = 25^\circ\text{C}$  [4].

Тепловое сопротивление светодиода (СД) составляет  $15^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , тепловое сопротивление клея или монтажной пасты и печатной платы –  $6^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , тепловое сопротивление радиатора –  $10^\circ\text{C}/\text{Вт}$ . Схема расчёта приведена на рисунке 2. Из неё следует, что при рабочем токе светодиода 350 мА (потребляемой мощности светодиода примерно 1 Вт) и окружающей температуре  $25^\circ\text{C}$  температура р–п-перехода будет равна

$$T_j = 25^\circ\text{C} + 1 \text{ Вт} \times 21^\circ\text{C}/\text{Вт} + 3 \text{ Вт} \times 10,1^\circ\text{C}/\text{Вт} = 76,3^\circ\text{C}.$$

Такое значение температуры вполне соответствует рабочему режиму, по-

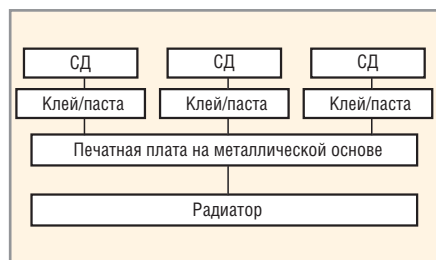


Рис. 1. Блок-схема для теплового расчёта светодиодного устройства

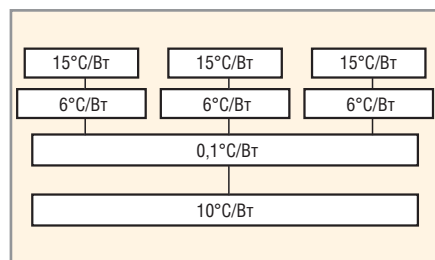


Рис. 2. Блок-схема для расчёта светодиодного устройства с конкретными параметрами

скольку температура р–п-перехода большинства светодиодных кристаллов не должна превышать 125°C, а для кристаллов некоторых производителей максимальной температурой является 150°C.

Однако при токе через светодиод 700 мА, т.е. потребляемой мощности порядка 3 Вт, при температуре окружающей среды температура р–п-перехода составит

$$T_j = 25^\circ\text{C} + 3 \text{ Вт} \times 21^\circ\text{C}/\text{Вт} + 9 \text{ Вт} \times 10,1^\circ\text{C}/\text{Вт} = 172,9^\circ\text{C}.$$

Таким образом, повышение рабочего тока до 700 мА недопустимо для данного устройства.

При использовании технологии КнП кристалл монтируется непосредственно на плату, что исключает вклад в тепловое сопротивление других компонентов светодиода и уменьшает тепловое сопротивление модуля. Пример тепловой схемы устройства на основе светодиодного модуля КнП приведён на рисунке 3.

Для изделий большинства современных производителей значение тепло-

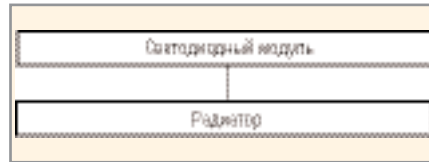


Рис. 3. Блок-схема для теплового расчёта светодиодного устройства на основе модуля КнП

вого сопротивления модуля составляет порядка 1°C/Вт. Схема расчёта устройства на светодиодном модуле приведена на рисунке 4. Из неё следует, что для светодиодного модуля с тремя кристаллами, работающими при токе 350 мА (1 Вт на светодиод) и окружающей температуре 25°C, температура р–п-перехода будет равна

$$T_j = 25^\circ\text{C} + 3 \text{ Вт} \times 11^\circ\text{C}/\text{Вт} = 58^\circ\text{C}.$$

Полученное значение температуры р–п-перехода почти на 25% ниже, чем для модуля на основе корпусных светодиодов. Поэтому для такого изделия можно использовать повышенный ток, например, 700 мА на кристалл. Тогда тепловой расчёт даёт

$$T_j = 25^\circ\text{C} + 9 \text{ Вт} \times 11^\circ\text{C}/\text{Вт} = 124^\circ\text{C}.$$

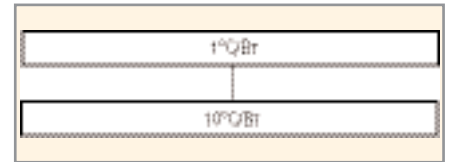
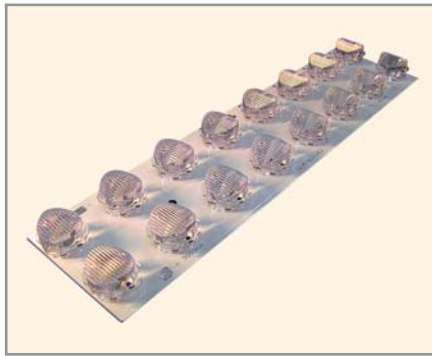


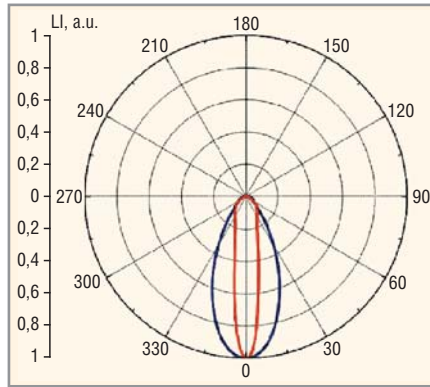
Рис. 4. Блок-схема для расчёта светодиодного устройства на основе модуля КнП

Такое значение температуры р–п-перехода практически равно максимальному для кристаллов большинства производителей. Тем не менее, в определённых условиях изделие может работать, а в случае применения кристаллов с максимальной рабочей температурой 150°C режим устройства останется в рабочих пределах.

Возможность реализации описанного выше теплового дизайна является существенным преимуществом технологии КнП. Однако необходимо упомянуть о недостатках. В большинстве модулей кристаллы расположены близко друг к другу, и при увеличении мощности (и температуры) за счёт повышения рабочего тока конвекционные процессы нагрева могут привести к тому, что тепло от р–п-перехода (из-за взаимного нагревания



**Рис. 5. Светодиодный модуль Inda Flood** компании Light Engine Corporations (форм-фактор 2x8)



**Рис. 6. КСС светодиодного модуля Inda Flood** в двух плоскостях

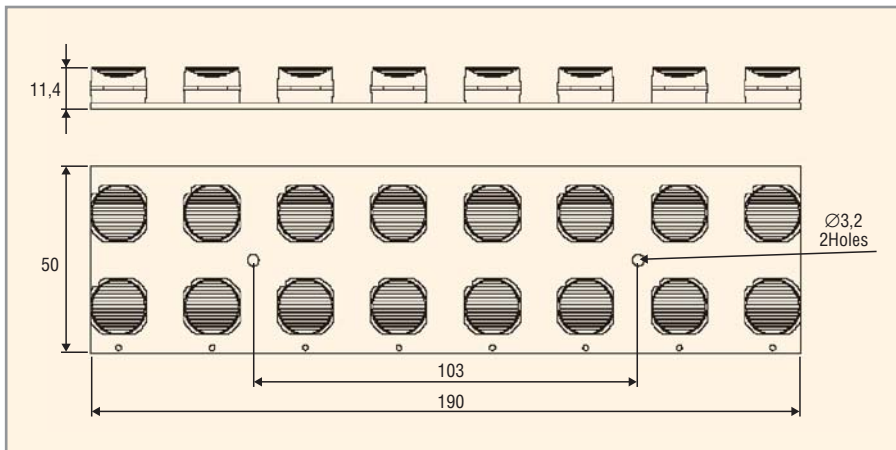
жим работы каждого кристалла и модуля в целом.

В таких оптимизированных модулях каждый кристалл оснащён индивидуальной первичной линзой, реализующей требуемую КСС. Пространство под линзой заполняется гель-люминофорной смесью, которая обеспечивает получение белого цвета свечения и уменьшение потерь за счёт улучшения соотношения показателей преломления материалов кристалла, линзы и оптического геля.

Использование таких модулей значительно упрощает разработку светильников, т.к. производитель уже подобрал оптимальные значения цветовой температуры, произвёл сборку светодиодного модуля и обеспечил требуемую КСС. Компания Light Engines Corporation собирает свои изделия по оптимизированной технологии.

Компания вышла на рынок в 2008 году и стала одним из ведущих поставщиков светотехники. Продукция компании является энергосберегающей, обладает высокой надёжностью и представляет собой готовые к использованию светодиодные модули с встроенной первичной оптикой, оптимизированные по тепловому рассеиванию. В конструкции изделий компании применяются защищённые патентами решения в оптических системах и технологии сборки светодиодных модулей. При разработке продукции специалисты компании учитывают конкретные применения. Однако это не делает изделия компании узкоспециализированными и позволяет выпускать конкурентоспособную продукцию.

Компания Light Engines Corporation выпускает широкий ассортимент светодиодных модулей для различных применений. Линейка све-



**Рис. 7. Чертёж светодиодного модуля Inda Flood** (форм-фактор 2x8)

кристаллов) не будет отводиться столь же эффективно. При непрерывной работе такого модуля повышенный нагрев сказывается на характеристиках кристалла и люминофора [3, 4], что вызывает ускоренную деградацию параметров модуля в виде снижения светового потока и ухода цветовой температуры [5]. Эффективность светильника на основе уплотнённых модулей

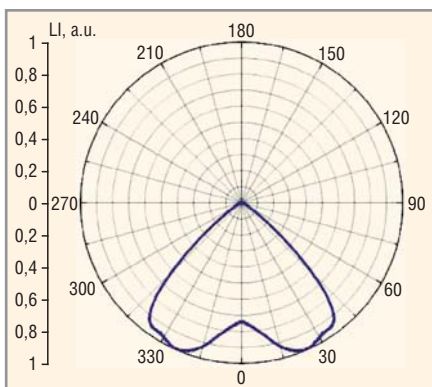
также снижается, поскольку для реализации требуемой КСС необходимо применять вторичную оптику для группы из нескольких светодиодных кристаллов.

### СВЕТОДИОДНЫЕ МОДУЛИ КОМПАНИИ LIGHT ENGINES CORPORATION

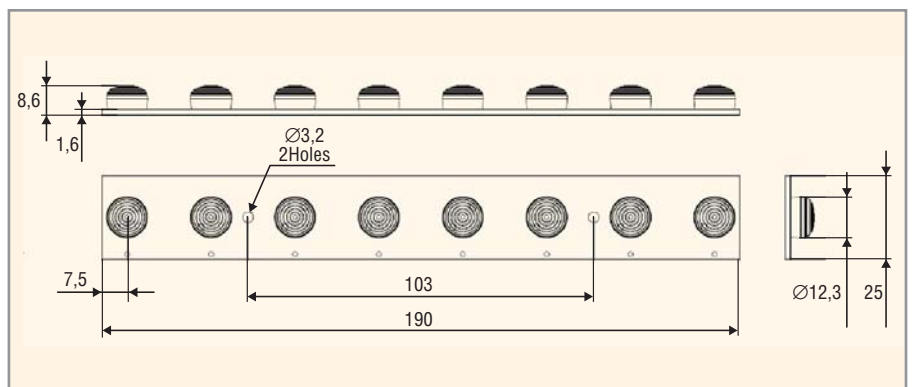
Проблему можно решить, если располагать кристаллы на определённом расстоянии друг от друга [3]. Это позволяет избежать их перегрева за счёт конвекции: под каждым кристаллом остаётся симметричная часть платы, которая становится первичным теплоотводом, что улучшает тепловой ре-



**Рис. 8. Светодиодный модуль Office Flood** компании Light Engine Corporations



**Рис. 9. КСС светодиодного модуля Office Flood**



**Рис. 10. Чертеж светодиодного модуля Office Flood**

одиодных модулей включает в себя устройства для подсветки, а также системы офисного и дорожного освещения.

### Модуль Inda Flood

Модуль Inda Flood (см. рис. 5) предназначен для применения в светильниках для промышленных помещений с высокими потолками. Узконаправленная асимметричная КСС данного модуля (см. рис. 6) позволяет решать сложные задачи освещения проходов и рабочих зон.

Модуль способен работать в широком диапазоне температур от  $-60$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ , что расширяет область его применения на помещения с жёсткими температурными условиями.

Светодиодные модули Inda Flood выпускаются с форм-факторами  $2 \times 8$  и  $2 \times 6$ , с типичным световым потоком в 1400 и 1050 лм, соответственно. Все модули работают при токе в 350 мА, однако способны выдерживать колебания тока до 400 мА. Габаритные размеры (в мм) светодиодного модуля Inda Flood с форм-фактором  $2 \times 8$  показаны на рисунке 7.

Цветовая температура модуля в 4500 К обеспечивает наиболее естественный для помещений оттенок белого света, а небольшая потребляемая мощность 14 Вт (для модуля  $2 \times 6$ ) и 17 Вт (для модуля  $2 \times 8$ ) благоприятно сказывается на энергозатратах. Основные характеристики светодиодного модуля Inda Flood приведены в таблице 1.

### Модуль Office Flood

Светодиодные модули Office Flood (см. рис. 8) специально разработаны для офисного освещения и удовлетворяют всем требованиям соответствующих стандартов. Первичная оптика обеспечивает необходимую КСС (см. рис. 9) с учётом «защитных» углов, не допускающих ослепления присутствующих в помещении людей, равномерное распределение света на освещаемой поверхности и низкую яркость для прямого наблюдателя.

Модули выпускаются в форм-факторе  $1 \times 8$ , размеры модуля (в мм) указаны на рисунке 10. Типичное значение светового потока составляет 750 лм.



Рис. 11. Светодиодный модуль Street Flood компании Light Engine Corporations (форм-фактор  $2 \times 8$ )

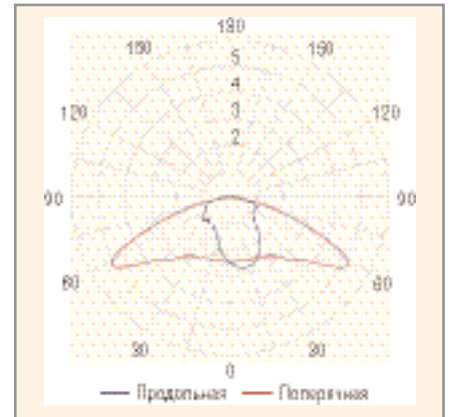


Рис. 12. КСС светодиодного модуля Street Flood в двух плоскостях

Основные характеристики светодиодного модуля Office Flood приведены в таблице 2.

Цветовая температура, соответствующая диапазону естественного белого

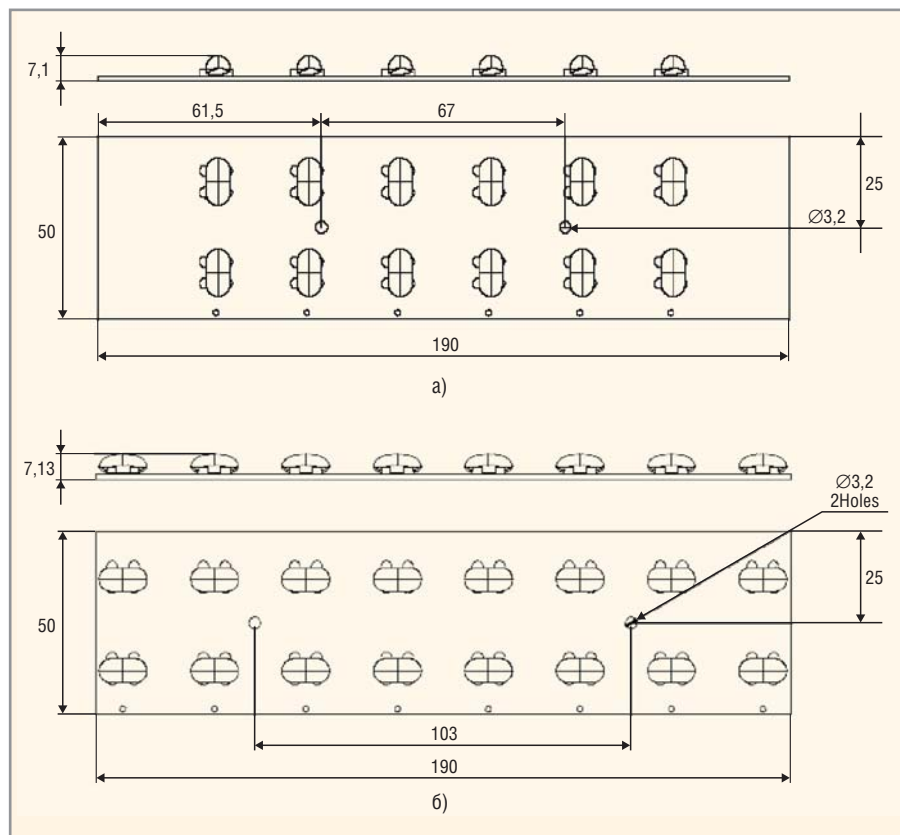


Рис. 13. Чертеж светодиодного модуля Street Flood: а) форм-фактор 2×6; б) форм-фактор 2×8

цвета, в 4500 К в сочетании с компактными размерами и потребляемой мощностью 9 Вт делает данный светодиодный кластер идеальным решени-

ем для освещения офисов, конференц-залов и других помещений, где требуется яркий, естественный свет при низком энергопотреблении.

Таблица 1. Основные характеристики светодиодного модуля Inda Flood

Модуль	КСС	Максимальный ток, мА	Напряжение, В, при 350 мА	Мощность, Вт	Индекс цветопередачи	Цветовая температура, К	Световой поток, лм, при 350 мА
2×6	20° × 45°	400	38	13,3	80	4500	1050
2×6	45° × 20°						
2×8	20° × 45°		38	17,6			1400
2×8	45° × 20°						

Таблица 2. Основные характеристики светодиодного модуля Office Flood

Модуль	КСС	Максимальный ток, мА	Напряжение, В, при 350 мА	Мощность, Вт	Индекс цветопередачи	Цветовая температура, К	Световой поток, лм, при 350 мА
1×8	Кругло-симметричная	400	25	8,8	80	4500	750

Таблица 3. Основные характеристики светодиодного модуля Street Flood

Компоновка	КСС	Максимальный ток, мА	Напряжение, В, при 350 мА	Мощность, Вт	Индекс цветопередачи	Цветовая температура, К	Световой поток, лм, при 350 мА
2×6	Широкая, боковая	400	38	13,3	80	6500	1200
2×8			50	17,6			1600
2×8			50	17,6		4500	1400

Таблица 4. Основные характеристики светодиодного модуля для светильников с рассеивателем

Компоновка	КСС	Максимальный ток, мА	Напряжение, В, при 350 мА	Мощность, Вт	Индекс цветопередачи	Цветовая температура, К	Световой поток, лм, при 350 мА
1×4	120° (±60°)	400	12,5	4,4	80	4500	350

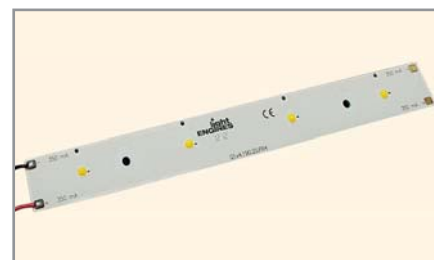


Рис. 14. Светодиодный модуль для светильников с рассеивателем компании Light Engine Corporations

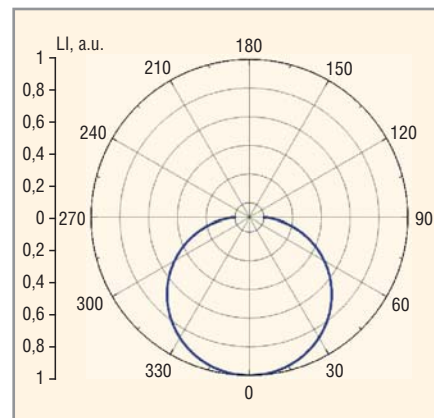


Рис. 15. КСС светодиодного модуля для светильников с рассеивателем

### Модуль STREET FLOOD

Специально разработанные в исполнении IP65 для уличного освещения модули Street Flood (см. рис.11) имеют широкую КСС (см. рис.12), необходимую для освещения улиц, что позволяет изготавливать простые по конструкции и эффективные уличные светильники различной мощности, способные конкурировать с приборами на ртутных и натриевых лампах.

Светодиодные модули Street Flood выпускаются с форм-факторами 2×6 и 2×8, с цветовой температурой от естественного (4500 К) до холодного (6500 К) белого света. Размеры (в мм) светодиодного модуля Street Flood с форм-факторами 2×6 и 2×8 указаны на рисунке 13а и 13б, соответственно. Основные характеристики светодиодного модуля Street Flood приведены в таблице 3.

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

### Модуль для СВЕТИЛЬНИКОВ С РАССЕИВАТЕЛЕМ

Экономичный светодиодный модуль ненаправленного света (см.

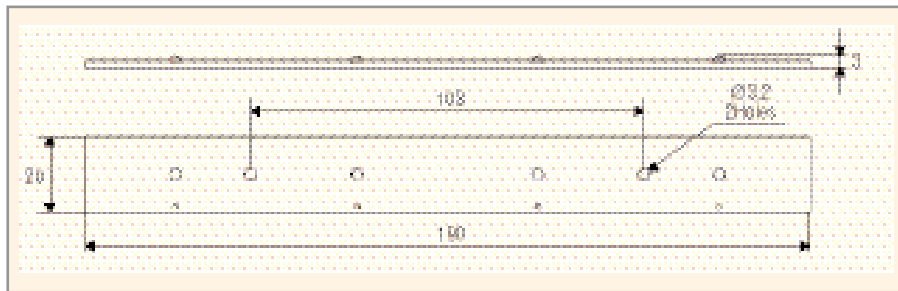


Рис. 16. Чертёж светодиодного модуля для светильников с рассеивателем

рис.14) разработан для применения в арматуре светильников с рассеивателем; КСС модуля приведена на рисунке 15. Прибор рекомендуется использовать в офисных и домашних светильниках, допускающих использование ненаправленного света.

Низкая потребляемая мощность (4,5 Вт) и умеренная стоимость делают этот модуль привлекательным выбором при разработке проектов. Как и другие модули компании Light Engines, он имеет цветовую температуру 4500 К и широкий температурный диапазон. Рабочий ток составляет 350 мА. Габаритные размеры (в мм) светодиодного модуля приведены на

рисунке 16, основные характеристики – в таблице 4.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Готовые светодиодные модули становятся всё более популярными. Простота установки, надёжность и энергосбережение являются решающими факторами при выборе источников для систем освещения. Именно такими качествами обладают современные светодиодные источники, реализованные по технологии КнП.

Успехи, достигнутые компанией Light Engines в разработке и производстве светодиодных модулей, позволяют ожидать, что продукция

компании будет занимать всё большую долю рынка, а успешное применение современных осветительных технологий ускорит общественное признание светодиодных источников света.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Смирнов В., Туркин А.* Sharp LED – и мощно, и ярко. Полупроводниковая светотехника. 2010. № 2. С.14–17.
2. *Смирнов В., Туркин А.* Вопросы применения светодиодных модулей Sharp в светотехнических изделиях. Полупроводниковая светотехника. 2010. № 3. С. 7–9.
3. *Когтева Е.* Chip-on-Board Single lens: энергия будущего. Современная светотехника. 2012. № 3 (16). С. 42–43.
4. Светодиоды и их применение в освещении. Под общей редакцией *Ю.Б. Айзенберга*. ЗАО «Дом света» совместно с фирмой Osram. Москва. Знак. 2012.
5. *Полищук А.Г., Туркин А.Н.* Деградация светодиодов на основе гетероструктур нитрида галлия и его твёрдых растворов. Светотехника. 2008. № 5. С. 44–47.

