



## ДА БУДЕТ СВЕТ! СОВРЕМЕННОЕ СВЕТОДИОДНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ. ТЕНДЕНЦИИ. ЗАДАЧИ. РЕШЕНИЯ

Андрей Петров  
materials@ostec-group.ru

**Т**иповая конструкция светодиодного светильника, предлагаемая в настоящее время на рынке, обладает огромным ресурсом для оптимизации при одновременном снижении стоимости. Помочь в решении данных задач могут силиконовые материалы, которые, при своей простоте в применении, обладают рядом уникальных свойств. В статье мы рассмотрим ряд конкретных применений силиконовых материалов в конструкции современного светодиодного светильника.

На основании Федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» к 2014 году Россия должна полностью отказаться от ламп накаливания в пользу энергосберегающего освещения. А тот факт, что современные энергосберегающие лампы являются пусть доступными, но неэкологичными (в силу нерешённой проблемы использования ртути при их производстве) вселяет уверенность, что современное энергоэффективное освещение пойдёт именно по светодиодному пути.

Наиболее активно сейчас развиваются области промышленного, уличного и офисного светодиодного освещения. Основными тенденциями такого развития являются расширение диапазона температур эксплуатации светильников, уменьшение их массогабаритных характеристик, возможность ответственных применений (например, взрывозащищённое исполнение для нефтегазовой отрасли), повышение общей надёжности изделия. На надёжности изделий производители делают особый акцент в силу того, что основным стимулом для предприятий к внедрению светодиодного освещения является экономия электроэнергии. Окупаемость и экономия возможны только при длительной эксплуатации светильников. В связи с этим светильник, который будет работать 3-4 года, вряд ли будет конкурентоспособен. Светодиодный светильник должен и может работать хотя бы 10-12 лет. Внедрение такого освещения – отличная инвестиция для тех компаний, которые умеют считать деньги.

### ПРОБЛЕМЫ. ЗАДАЧИ

Имеется ряд задач, решение которых во многом определит, каким будет светодиодное освещение в будущем, насколько широко оно будет востребовано. Предлагаю обратиться к основным техническим задачам, которые в настоящее время стоят перед разработчиками светодиодного освещения.

*Задача 1. Общая металлоёмкость и громоздкость конструкций. Используются массивные алюминиевые корпуса-радиаторы в связи с тем, что большая часть потребляемой светильником энергии уходит в*

*тепло, а не в свет. Грамотная реализация теплоотвода от светодиодов и компонентов источника питания – одна из наиболее актуальных задач. Решение этой задачи следует искать в области использования теплопроводящих материалов (рис. 1).*

Обеспечение комфортного температурного режима работы светильника накладывает определённые ограничения на качество теплопроводящих материалов, используемых в конструкции. Особое внимание здесь стоит уделить коэффициенту теплопроводности и сроку эксплуатации теплопроводящего материала. Практика показывает, что использование низкокачественных теплопроводящих материалов влечёт за собой либо увеличение поверхности корпуса-радиатора (общей металлоёмкости конструкции), либо сужение диапазона рабочих температур и существенное снижение срока эксплуатации светильника. В качестве примера здесь можно привести «высыхание» низкокачественных теплопроводящих паст в течение 1-3 месяцев с момента ввода светильника в эксплуатацию. Как следствие, повышается тепловое сопротивление перехода плата-радиатор, и нарушается температурный режим как отдельного светодиода, так и всего светильника в целом.

В качестве теплопроводящих материалов могут использоваться следующие группы материалов компании Dow Corning:

- Теплопроводящие пасты на силиконовой основе. Наиболее распространённое решение, сочетающее в себе такие факторы как хорошая теплопроводность, возможность нанесения тонким слоем (до 25 мкм), широкий температурный диапазон эксплуатации (от -50°C до +200°C). Теплопроводящая паста Dow Corning SC102 позволяет решить большинство задач.
- Теплопроводящие клеи на силиконовой основе. Сочетают в себе все достоинства теплопроводящих паст, обладая дополнительной функцией фиксации. Позволяют полностью уйти от механических креплений платы в конструкции. Наиболее актуальными для решения такого рода задач являются теплопроводящие клеи Dow Corning SE4420 и SE4486 CV.
- Теплопроводящие подложки. Их преимуществами являются равно-

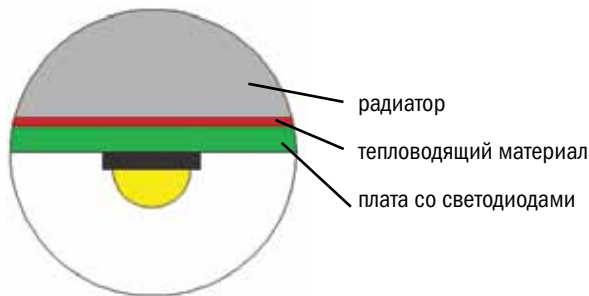


Рис. 1 Использование теплопроводящего материала между печатной платой и радиатором

мерность слоя, максимальная технологичность, возможность использования готовых подложек заданной толщины и формы. Более подробно вопросы реализации теплоотвода рассмотрены в статье «Эффективные решения для теплоотвода в светодиодной светотехнике», информационный бюллетень «Поверхностный монтаж» № 1, февраль 2011 г.

**Задача 2.** Наличие в конструкции герметичных объёмов, заполненных воздухом (например, между печатной платой со светодиодами и защитным стеклом светильника). Зачастую производители игнорируют тот факт, что воздух содержит в себе влагу, которая при термоциклировании (прохождении так называемой точки росы) конденсируется на поверхности печатного узла (при остывании светильника), а затем вновь испаряется (при его включении). Можно с лёгкостью просчитать, сколько таких циклов произойдёт за срок службы светильника. Это явление губительно для печатных узлов. Однако есть ещё один «подводный камень» такого явления: появляется дополнительная среда преломления света – влага, которая при определённых условиях конденсируется на внутренней поверхности стекла и, как следствие, уменьшает световой поток.

Ещё в 1823 году Жан Огюстен Френель во время своих экспериментов с области поляризации света при его отражении и преломлении установил, что при прохождении света из одной среды в другую, наибольшие потери возникают на границе раздела этих сред. И чем выше разница в показателях преломления этих сред, тем выше потери светового потока при прохождении через их границу раздела (рис. 2). Рассмотрим показатели преломления сред, сквозь которые проходит свет. Показатель преломления силиконовой линзы светодиода составляет 1,5-1,54. Далее свет попадает в воздушную среду (рис. 2,а) с показателем преломления 1. И, наконец, защитное стекло в зависимости от материала имеет показатель преломления 1,5-1,59. Виден «провал» в воздушной среде. Суммарные потери при переходе линза-воздух и воздух-стекло составляют до 12,5%. Заполнение этого объёма силиконовым оптически-прозрачным компаундом с показателем преломления 1,4 (рис. 2,б) даёт прирост светоотдачи до 10%. А ведь это ни что иное, как энергоэффективность, мы получаем больше света при том же энергопотреблении. Помимо увеличения светоотдачи такое решение сулит целый ряд дополнительных преимуществ:

- высокоэффективную влагозащиту платы со светодиодами;
- повышение стойкости к воздействиям вибрации и ударов;
- улучшение температурного режима работы светодиода. Задействуется дополнительная площадь рассеяния тепла;
- полное исключение вероятности появления дополнительной среды – влаги на внутренней поверхности стекла;
- возможность ухода от использования защитного стекла в некоторых конструкциях;
- более равномерное распределение исходящего светового потока по всей поверхности платы (а не концентрацию только на поверхности светодиодов).

В качестве компаунда возможно использование Dow Corning Sylgard 184 (рис. 3). Это двухкомпонентный силиконовый компаунд, обладающий показателем преломления 1,4, низкой динамической

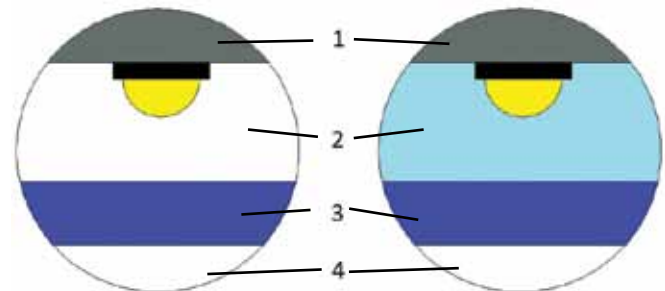


Рис. 2 Среды преломления света в светодиодном светильнике: 1 - печатная плата со светодиодами; 2 - пространство между платой и защитным стеклом; 3 - защитное стекло; 4 - окружающая среда

вязкостью и широким диапазоном температур эксплуатации (от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ )

В ряде случаев для влагозащиты платы может быть использован теплопроводный силиконовый заливочный компаунд Dow Corning Sylgard 160 (рис. 4). Это двухкомпонентный силиконовый компаунд, он обладает коэффициентом теплопроводности 0,62, низкой динамической вязкостью и широким диапазоном температур эксплуатации (от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+200^{\circ}\text{C}$ ).

**Задача 3.** Практика показывает, что «слабым звеном» в конструкции светильника является источник питания (драйвер). Причин выхода драйвера из строя множество: от низкачественной элементной базы (особенно алюминиевых электролитических конденсаторов) до скачков напряжения в электросети. Сюда же можно отнести и использование полого герметичного корпуса драйвера в уличных условиях. Недостатком такого конструкторского решения является выпадение росы на внутренних поверхностях при термоциклировании. Кроме того, этот корпус вызывает массу затруднений для теплоотвода.

Поскольку в силу ряда факторов источник питания является самой уязвимой частью светодиодного светильника, большинство производителей сходятся во мнении, что наиболее эффективным вариантом его влаго/виброзащиты является заливка различными компаундами (рис. 5). Встаёт вопрос выбора такого компаунда. Задумаемся о требованиях к нему.

Компаунд должен:

- быть двухкомпонентным (для полимеризации по всему объёму);
- обладать текучестью, достаточной для заполнения всех полостей вокруг компонентов;
- иметь коэффициент теплопроводности, достаточный для эффективной передачи тепла с поверхностей компонентов на корпус-радиатор;
- обладать длительным сроком эксплуатации и высокой стойкостью к жёстким внешним условиям (температура, влага, соляной туман, и т.д.)

Жертвуя хотя бы одним из этих требований, можно потерять весь смысл заливки как таковой. Разработанный специально для заливки источников питания силиконовый теплопроводный заливочный компаунд Dow Corning Sylgard 160 (коэффициент теплопроводности 0,62

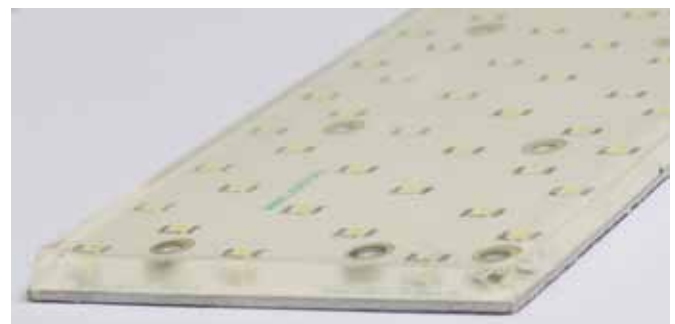


Рис. 3 Пример использования оптически-прозрачного компаунда Dow Corning Sylgard 184

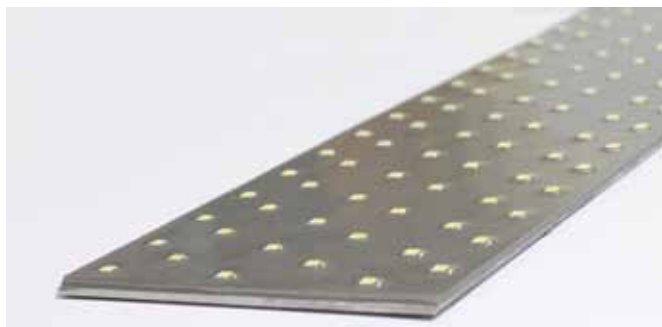


Рис. 4 Пример использования Dow Corning Sylgard 160 для влагозащиты печатного узла



Рис. 5 Пример использования Dow Corning Sylgard 160 для заливки драйвера

Вт/(м\*К)) обладает всеми вышеприведёнными свойствами и отлично подходит для решения подобных задач (рис. 5).

*Задача 4. Одной из важнейших задач, стоящих перед производителями светодиодных светильников, является надёжное герметичное крепление защитного стекла светильника. Практически всегда речь идёт об алюминиевом корпусе (иногда анодированном или покрытом порошковой краской) и стеклом из поликарбоната.*

Наиболее простым и технологически правильным решением является использование клея. Сечение, изображённое на рис. 6, показывает оптимальную форму клеевого шва. Такой шов обеспечивает максимальную площадь склеивания поверхностей и фиксацию защитного стекла в нескольких плоскостях, что придаёт конструкции дополнительную прочность. Однако следует понимать, что применение клея возможно только в случае, если он обладает:

- отличной адгезией к склеиваемым материалам;
- высокой эластичностью, позволяющей эффективно гасить разницу в ТКЛР (температурный коэффициент линейного расширения) алюминия и поликарбоната;

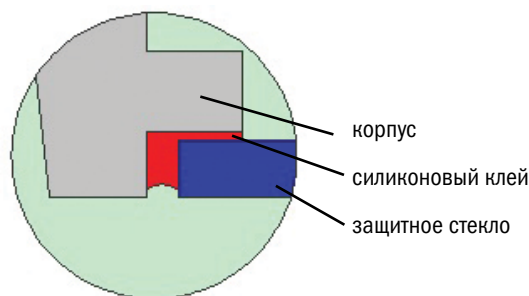


Рис. 6 Рекомендуемая форма клеевого шва

- длительным сроком эксплуатации в широком диапазоне температур (от -50°C до +150°C);
- высокой стойкостью к воздействиям окружающей среды.

Широкая линейка силиконовых клеев компании Dow Corning позволяет обеспечить оптимальное решение такого рода задач для каждого конкретного типа светильника. Отлично себя зарекомендовал силиконовый клей Dow Corning 3140.

### ЧТО ПОЛУЧАЕМ В ИТОГЕ?

Объединив предложенные технические решения и применив их в конкретной конструкции, рассмотрим, что же мы получаем в итоге (рис. 7). Драйвер светильника расположен в отверстии корпуса-радиатора и залит теплопроводным силиконовым компаундом. Конструкция светильника полностью исключает любые замкнутые полости, заполненные воздухом. В результате обеспечена идеальная влагозащита как платы со светодиодами, так и источника питания. В связи с этим светильнику может быть присвоена степень защиты оболочки IP68 (длительное время работы под водой глубже 1 м), либо IP69K (высокотемпературная мойка под высоким давлением). Светильник также отлично защищён от вибрационных воздействий. Использование высококачественных теплопроводных материалов Dow Corning обеспечивает длительное время эксплуатации светильника, комфортный тепловой режим работы светодиодов и компонентов драйвера, позволяет снизить затраты за счёт уменьшения поверхности корпуса-радиатора, улучшить массогабаритные характеристики светильника. Использование оптически-прозрачного силиконового компаунда повышает общую светоотдачу, а, следовательно, и энергоэффективность светильника.

Надеюсь, технические решения, предложенные в этой статье, приблизят энергоэффективное светодиодное будущее, и именно российские производители сделают его настоящим! ■■

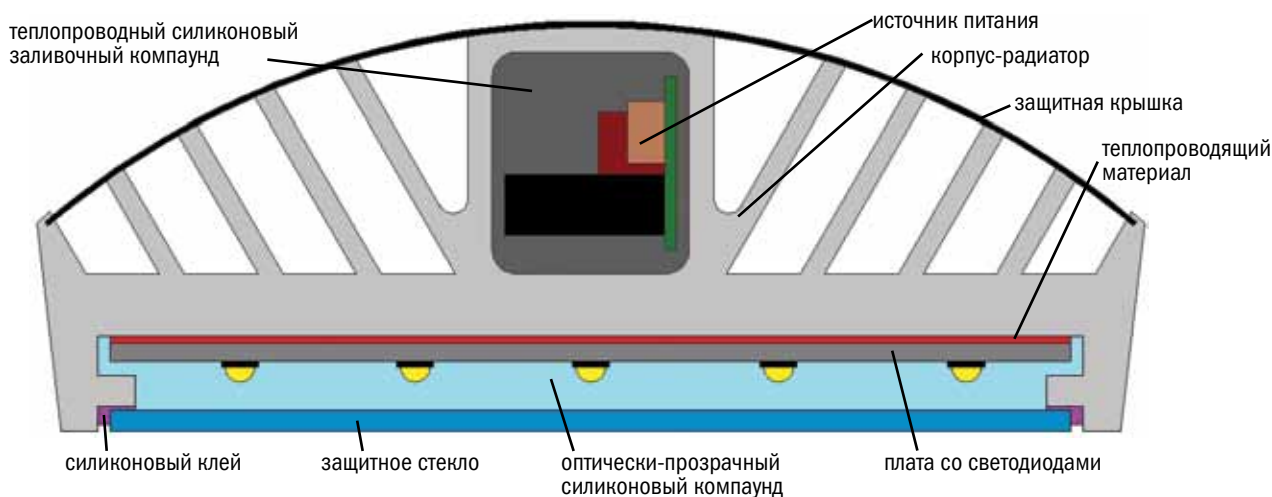


Рис. 7 Перспективная конструкция светодиодного светильника