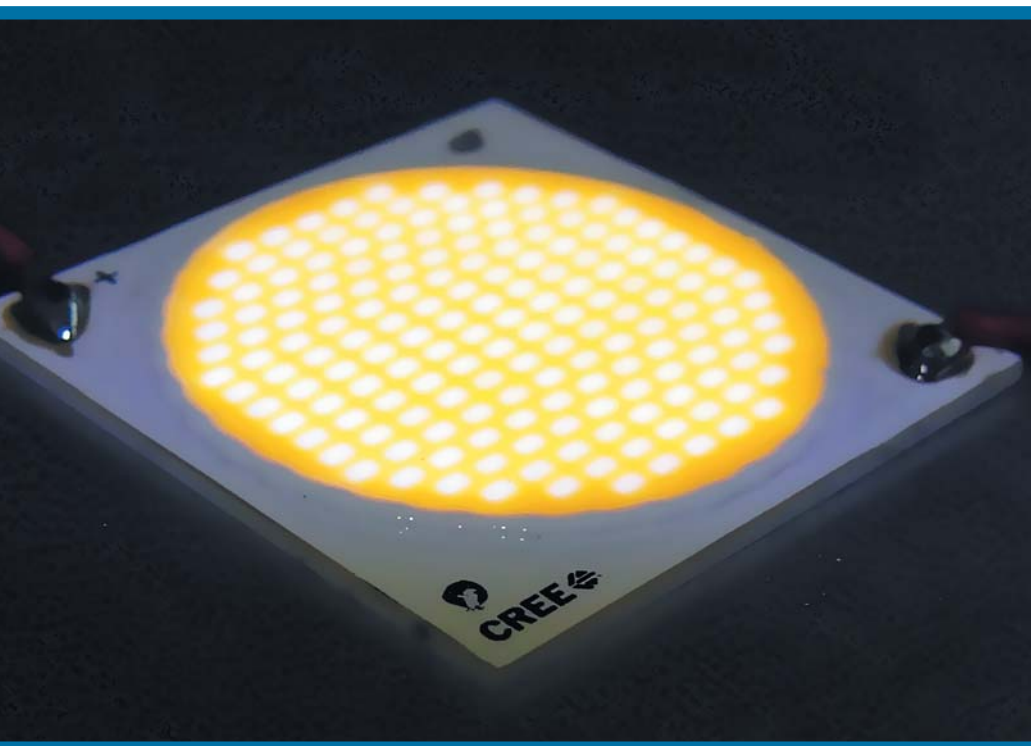


# Теплопроводящие материалы: между матрицей и наковальней.

Исследование особенностей применения теплопроводящих материалов при конструировании световых приборов на основе мощных CoB



## Введение

Одной из самых заметных тенденций последних лет в светотехнической отрасли стало широкое распространение мощных CoB (Chip-on-Board) матриц от признанных лидеров — производителей светодиодов.

Матрицы CoB представляют собой многокристальную сборку, смонтированную на единой алюминиевой или керамической подложке, с нанесенным сверху слоем люминофора (рис. 1). Их применение имеет множество неоспоримых плюсов, таких как возможность реализовать компактный мощный светильник, отсутствие печатной платы и процесса пайки светодиодов, существенное сокращение количества применяемой вторичной оптики и т. д. Все это ведет к значительному удешевлению себестоимости светильника и увеличению технологичности сборки. Однако технология CoB-матриц таит в себе также некоторые скрытые и неочевидные моменты, препятствующие их повсеместному применению.

Основной проблемой становится высокая мощность CoB, которая может превышать 120 Вт и, соответственно, требует отведения большого количества тепла от маленькой по площади поверхности основания матрицы. Проблема теплоотвода и невозможность применения стандартных радиаторов, предназначенных для дискретных светодиодов, уже была нами рассмотрена в предыдущих

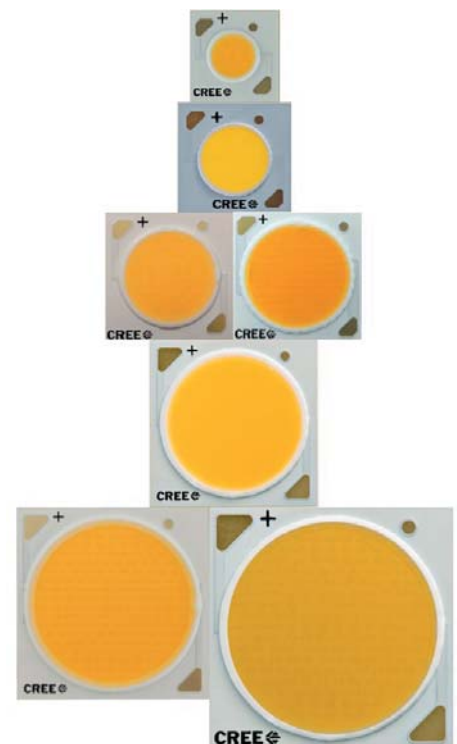


Рис. 1. Матрицы

выпусках журнала [1]. Однако, помимо применения специализированных радиаторов, существует еще одна не менее важная задача, а именно: грамотный выбор и правильное использование теплопроводящего материала (ТМ) между основанием СоВ-матрицы и радиатором. О разновидностях ТМ (рис. 2) и необходимости их применения мы также подробно рассказывали [2].

Многие производители уже столкнулись с тем, что применение специализированных радиаторов и ТМ, зачастую взятых по принципу «что было», не избавляет от проблем выхода из строя СоВ-матриц в светодиодном изделии.

### Теплопроводящие материалы

Согласно технической информации ведущих производителей СоВ, таких как Cree, Bridgelux, Citizen и др., при креплении матриц на радиатор необходимо применение ТМ. При этом абсолютно неважно, как происходит крепление матрицы — например, с помощью специализированного холдера или винтов. Применение ТМ необходимо при любом возможном варианте крепления.

Оптимальный подбор подходящего ТМ зависит от множества факторов, основные из которых — мощность применяемой матрицы и стоимость материала. Существенную роль в правильном выборе ТМ играет не только теплопроводность, но и их толщина.

### Исследование проблемы применения различных ТМ

Для начала разберемся, как нормируется и определяется температура при использовании СоВ-матриц. У каждой матрицы, согласно технической информации про-



Рис. 3. Точка  $T_c$  матрицы

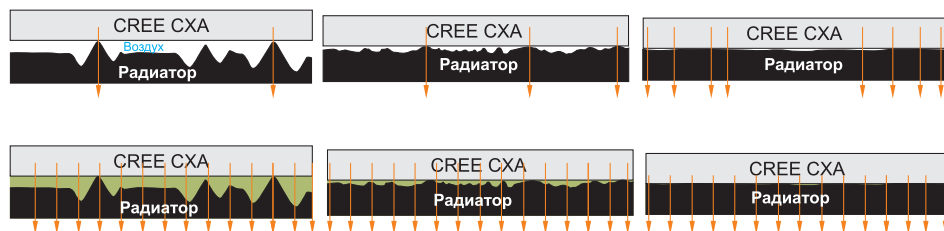


Рис. 2. Матрица без ТМ и с ТМ

Таблица 1. Параметры эксперимента

#	Макет 1	Макет 2	Макет 3	Макет 4
ТМ	Термопаста +холдер	Термопрокладка + холдер	Термоклей (без холдера)	Холдер (без ТМ)
Теплопроводность ТМ, Вт/м·К	0,8	3	7	-

изводителей, имеется специализированная точка  $T_c$ , служащая для определения температуры. Температура измеряется с помощью термодатчика, припаянной к этой точке. Именно по  $T_c$  нормируется срок службы СоВ-матрицы (рис. 3).

Некоторые производители добиваются необходимой температуры в точке  $T_c$ , но это не спасает их от проблем выхода из строя СоВ-матриц в светильниках. Матрицы могут «дымить», а верхний слой люминофора — трескаться. Налицо явное воздействие высокой температуры, но объяснимой причины не находится, ведь  $T_c$  остается в рамках, установленных производителями светодиодов (рис. 4).

Нами была проведена серия экспериментов с использованием специализированного оборудования, а именно — тепловизионной камеры, результаты которых помогут разобраться в истинных причинах происходящего.

### Эксперимент

#### Материалы и средства измерений

Для экспериментов мы отобрали несколько ТМ, которые применяют

российские производители светильников на СоВ-матрицах. Также в нашем распоряжении оказались несколько одинаковых тестовых радиаторов для СоВ-матриц, рассчитанных на мощность порядка 80 Вт, и светодиодные матрицы одного бина по световому потоку (соответственно, с одинаковой эффективностью).

Было собрано четыре макета светильников (табл. 1). Матрицы использовались в 80-Вт режиме. Питание матриц производилось от лабораторного источника питания. К точке  $T_c$  матриц на каждом макете была подпаяна термодатчика типа «К», измерение значений производилось на поверенном мультиметре. Все макеты находились в одинаковых условиях окружающей среды, при температуре окружающего воздуха +25 °С. Фиксация результатов эксперимента производилась после пяти часов работы макетов, в полностью установившемся тепловом режиме работы. Таким образом, макеты отличались только применяемым ТМ.

Помимо фиксации температуры  $T_c$ , регистрировалось распределение температуры на матрице с помощью тепловизионной

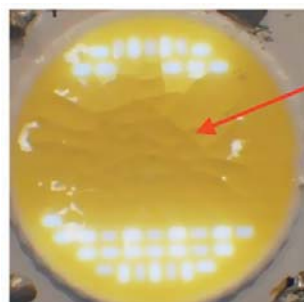


Рис. 4. Повреждения матриц из-за перегрева



Рис. 5. Средства измерения

камеры производства IDEAL Industries (USA) (рис. 5). Результаты получились очень интересные. В результирующей таблице (табл. 2) представлены: температура  $T_c$ , измеренная термопарой; температура в точке  $T_c$ , полученная тепловизионной камерой; максимальная температура поверхности матрицы; разница ( $\Delta$ ) измерений  $T_{\max} - T_c$ .

Макет 1. Результаты измерений с применением термопасты

Для макета 1 использовалась термопаста с теплопроводностью 0,8 Вт/м·К. На термограмме (рис. 6) наблюдается равномерное распределение температуры по поверхности матрицы макета 1. Однако при  $T_c = +79^\circ\text{C}$  верхний слой люминофора прогрелся до  $+131^\circ\text{C}$ ! Разница температур  $\Delta T_{\max} - T_c$  составила  $52^\circ\text{C}$ .

Макет 2. Результаты измерений с применением термопрокладки

При испытаниях с термопрокладкой толщиной 0,5 мм, которая обладает теплопроводностью 3 Вт/м·К, была получена значительно меньшая температура:  $T_c = +65^\circ\text{C}$ . Максимальная температура верхнего слоя люминофора при этом составила  $+99^\circ\text{C}$ .  $\Delta T_{\max} - T_c$  при этом оказалась также существенно ниже и составила  $34^\circ\text{C}$  (рис. 7).

Макет 3. Результаты измерений с применением высокотеплопроводного клея

На термограмме (рис. 8) мы видим наиболее равномерное среди всех макетов распределение температуры по поверхности матрицы. Термоклей имеет высокий показатель теплопроводности 7 Вт/м·К. Результаты измерений с ним показали самые низкие значения температур, а также дельту  $31^\circ\text{C}$ .

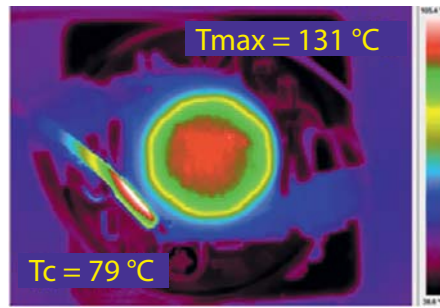


Рис. 6. Макет 1

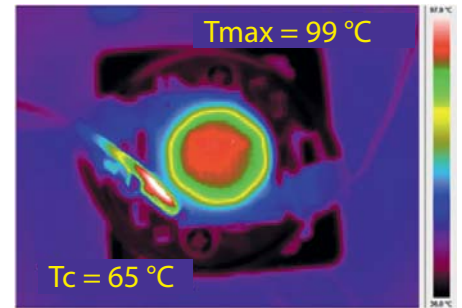


Рис. 7. Макет 2

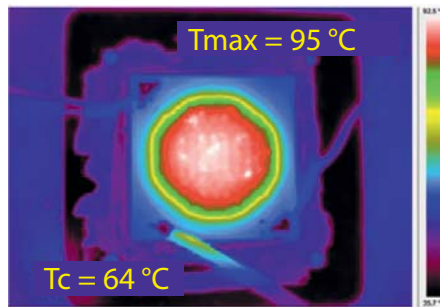


Рис. 8. Макет 3

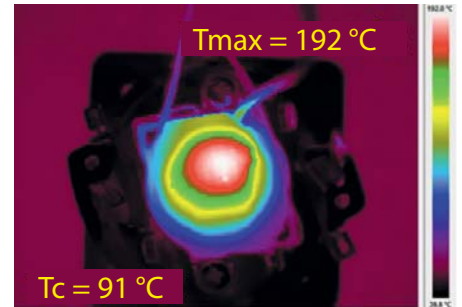


Рис. 9. Макет 4

Макет 4. Результаты измерений без применения ТМ

Данное измерение на практике показывает, почему нельзя применять мощные CoB-матрицы без ТМ.  $T_c$  по сравнению с макетом 3 с термоклеем больше на  $27^\circ\text{C}$ ! Но это не самое главное. Как показывает фотография теплового распределения, оно, во-первых, неравномерное, а во-вторых, самая горячая точка на верхнем слое люминофора имеет температуру  $+192^\circ\text{C}$ , при этом дельта составляет  $101^\circ\text{C}$  (рис. 9). Данный светильник точно долго не проработает.

Для большей наглядности все результаты испытаний сведены в таблицу 2.

Из полученных результатов становится ясно, как сильно зависит долговечность и качество светильника на COB от применяемого ТМ. Напоминаем, что условия испытаний были одинаковыми для всех макетов.

Таблица 2. Результаты испытаний

	Теплопроводность ТМ, Вт/м·К	$T_c$ термопара, $^\circ\text{C}$	$T_c$ тепловизор, $^\circ\text{C}$	$T_{\max}$ люминофор, $^\circ\text{C}$	$\Delta T_{\max} - T_c$ , $^\circ\text{C}$
Макет 1 (термопаста)	0,8	+78	+79	+131	+52
Макет 2 (термопрокладка)	3	+67	+65	+99	+34
Макет 3 (термоклеи)	7	+63	+64	+95	+31
Макет 4 (без ТМ)	-	+93	+91	+192	+101

Эксперимент также показал, что температура  $T_c$  не дает полной картины теплового распределения, и ориентироваться только на показатель в этой точке не стоит. Уверенность в долгосрочной службе изделия могут принести лишь дополнительные испытания с помощью тепловизионной камеры, проводимые на этапе макетирования. При отсутствии у разработчика необходимого оборудования подобные эксперименты можно провести в компании Rainbow.

### Неаккуратно установленная термопрокладка. Последствия

Как известно, «дьявол кроется в деталях». Иногда правильно разработанный с инженерной точки зрения проект может загубить низкая культура производства, неаккуратность или невнимательность при сборке готового изделия. Давайте вместе посмотрим, что произойдет, если

Таблица 3. Результат неправильно установленной термопрокладки

	Теплопроводность ТМ, Вт/м·К	$T_c$ термopара, °С	$T_c$ тепловизор, °С	$T_{\text{max}}$ люминофор, °С	$\Delta T_{\text{max}} - T_c$ , °С
Неправильно установленная термопрокладка	3	+68	+67	+136	+69
Макет 2 (термопрокладка)	3	+67	+65	+99	+34

при монтаже светильника сборщик неаккуратно установит термопрокладку, замяв ее с одного края (табл. 3).

Как видно, в варианте с неправильно установленной термопрокладкой присутствует явная неравномерность распределения тепла и  $T_{\text{max}}$  люминофора достигла +136 °С (рис. 10). При этом температуры  $T_c$  практически одинаковые! При применении термопрокладок наличие складок приводит к серьезной неравномерности нагрева компонентов CoB, что, в конечном итоге, ведет к выходу матрицы из строя.

### Вывод

Как показали эксперименты, температура в точке  $T_c$  не дает полной картины распределения тепла и не является гарантией качественной и долгосрочной работы светодиодного изделия. Для полной уверенности необходима комплексная инженерная разработка светильника с учетом всех нюансов теплоотвода от мощных матриц; применение подходящего радиатора, правильный подбор ТМ, проведение макетирования тестовых изделий с подтверждением расчетных характеристик,

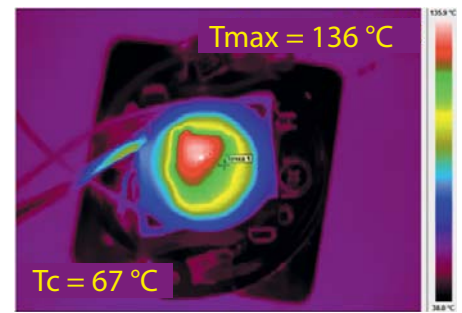


Рис. 10. Термограмма матрицы с неправильно установленным ТМ

а также высокая культура производства. Как известно, скупой платит дважды, поэтому получение качественного светодиодного светильника на CoB с низкой себестоимостью возможно только с учетом всех вышеперечисленных факторов. ●