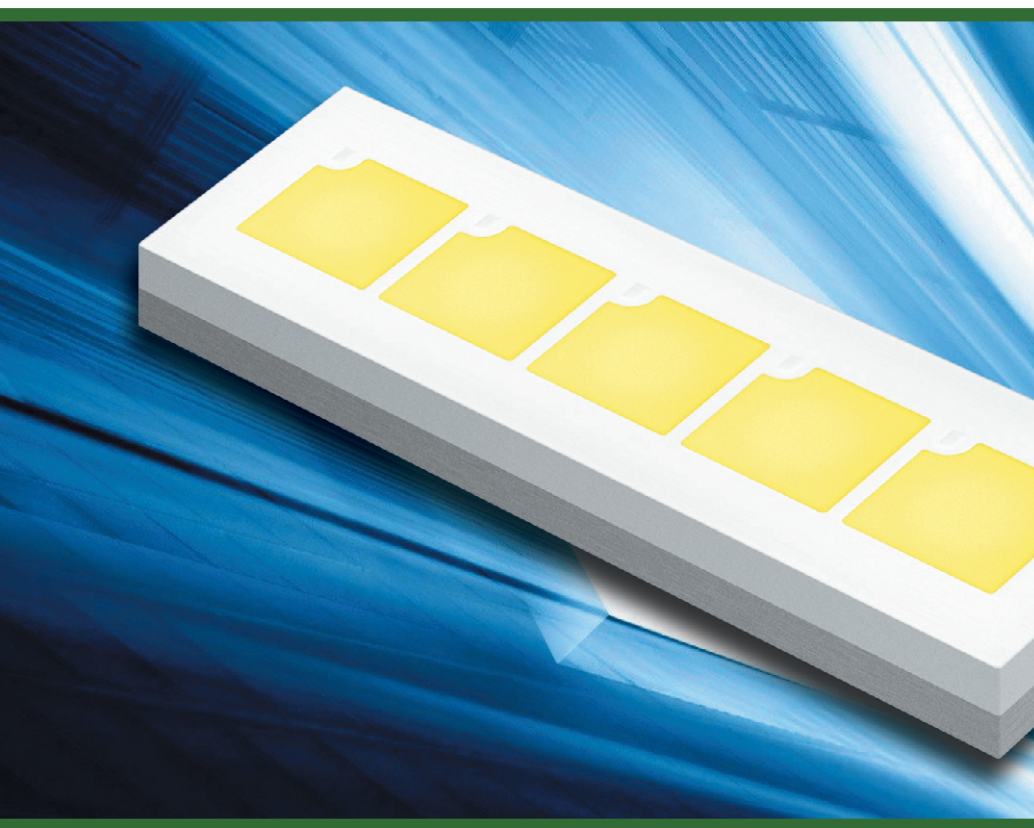


Алексей Панкрашкин, к. т. н. | pankrashkin@intech-eng.ru |
Анатолий Феопентов, к. т. н. | feopentov@intech-eng.ru

Светодиоды CSP: технология и эффективность

➔ В статье рассматриваются основы технологии изготовления светодиодов набирающего популярность форм-фактора CSP (Chip-Scale-Package). Анализируется их применимость и, соответственно, ниша в существующем ассортименте мощных белых светодиодов. Обсуждается обоснованность появления этого класса источников света.



К настоящему времени белые светодиоды, в том числе и светодиоды с потребляемой мощностью от 1 до 10 Вт, уже являются массово выпускаемыми приборами полупроводниковой техники. Объемы производства подобных изделий составляют от 1 до 10 млн шт. в месяц в зависимости от потребительского спроса и возможностей производителей. Тем не менее, хотя ассортиментный ряд мощных белых светодиодов и может казаться устоявшимся, появляются и новые конструктивы. К ним относится и обсуждаемый тип, или, иначе, форм-фактор, CSP (Chip-Scale-Package).

Это обозначение предполагает, что внешние размеры (габариты) светодиода близки к размерам излучающего чипа (кристалла), представляющего собой первичный источник света белого светодиода. Поскольку речь идет о мощном светодиоде, как правило, используется чип с размерами 45×45 mil (1143×1143 мкм), его толщина может быть 100–150 мкм. Рабочий ток такого чипа составляет 350 мА, но он может эксплуатироваться и в более жестком режиме, при токах 700 и 1000 мА. Таким образом, потребляемая мощность светодиода CSP лежит в диапазоне 1–4 Вт. Это делает его техническим конкурентом белых светодиодов в керамическом корпусе формата 3535 (габариты 3,5×3,5 мм), наиболее распространенных сейчас в качестве дискретных мощных светодиодов для общего освещения.

Светодиод CSP обычно ненамного превосходит чип по габаритам. Также и геометрическая форма светодиода в законченном виде похожа на форму чипа: это параллелепипед с плоской верхней поверхностью. Ввиду требования компактности, в таких светодиодах предполагается в основном применять кристаллы форм-фактора «флип-чип», не требующие контактных проволочных перемычек для электрического соединения с контактами корпуса светодиода (керамической платы). Хотя при точной сборке и формировании также компактных перемычек-разварок с небольшой петлей возможно применение и горизонтальных чипов форм-фактора «фейс-ап».

Технология сборки CSP-светодиода в основных этапах показана на рис. 1. Монтаж чипа (а) осуществляется методом эвтектической пайки или пайки

мягким припоем, если это «флип-чип», и методом приклеивания на теплопроводящий адгезив в том случае, если это «фейс-ап». Напомним, что формат «флип-чип» означает, что контакты кристалла расположены на одной его стороне, снизу, а излучение выводится, в основном, из верхней грани. У кристаллов типа «фейс-ап» также все контакты находятся на одной стороне, но это верхняя грань кристалла. Тем не менее, «флип-чип» — это не перевернутый «фейс-ап», кристаллы в своем строении различаются принципиально, в том числе и расположением отражающего слоя. Монтаж проволочных перемычек (б) посредством термовздуковой сварки тонкой золотой проволока применяется только для чипов типа «фейс-ап». Нанесение люминофора может производиться разными методами. Среди распространенных можно назвать трафаретную печать, дозирование в ограничивающую рамку (dam) и заливку люминофорного слоя под давлением (molding). В любом из этих случаев в результате получается плоский слой силикона (в), содержащий смесь люминофоров. Возможно также использование заготовок из уже полимеризованной смеси силикона и люминофоров (phosphor plate attach). Такой процесс (г) не является собственно нанесением, он близок к процессу монтажа чипа и осуществляется с помощью аналогичного оборудования.

Далее производят разделение светодиодов дисковой или лазерной резкой керамики либо механическим разламыванием, если керамическая плата была предварительно скрайбирована. Для этого плата со светодиодами предварительно наклеивается на ленту-растяжку. Завершающими этапами являются сортировка светодиодов, включающая измерение в формате «мэппинга» (составление карты соответствия позиции светодиода на плате и его параметров) основных характеристик — светового потока, цветности излучения и прямого напряжения; и формирование в соответствии с полученными картами растяжек со светодиодами, входящими в один и тот же бин (д). Упаковываются светодиоды автоматически, попадая с растяжки, содержащей отдельный бин, в стандартную ленту для монтажа SMD (е).

Как видно, технология CSP отличается от технологии светодиодов в керамиче-

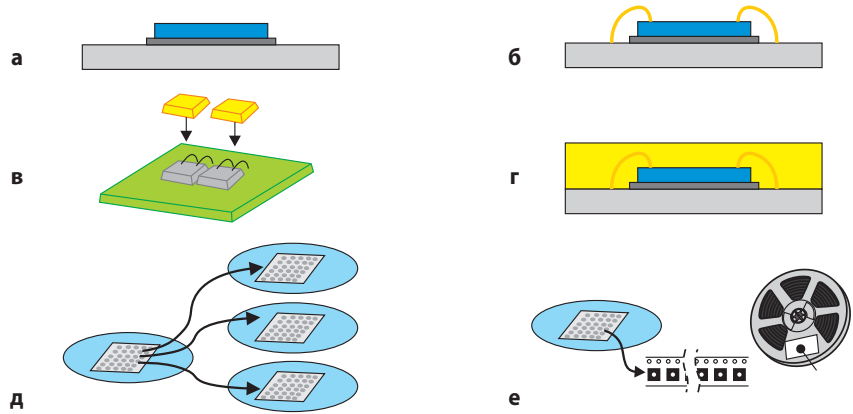


Рис. 1. Этапы технологии светодиодов CSP

Таблица 1. Параметры серийных светодиодов CSP (по данным производителей)

Компания	Наименование	КЦТ, К	Ra	Напряжение, В	Сила тока, мА	Световой поток*, лм	Световая отдача*, лм/Вт
Cree	XD16	4000	80	2,8	700	258	132
Genesis Photonics	CA18-3X	4000	80	3	700	250	119

* При температуре р-п-перехода чипа +85 °С

ском корпусе 3535 только отсутствием этапа отливки или приклейки силиконовой линзы. Надежность светодиода это только повышает, поскольку отливка линзы является не самым технологичным этапом производства. Однако, в силу больших размеров, монтаж светодиода 3535 на плату светильника характеризуется лучшей плоскостностью (меньшим углом перекося), что более удобно для обеспечения эффективного теплоотвода. С этим отчасти связано условное ограничение потребляемой мощности для светодиода CSP на уровне 5 Вт.

Рабочие показатели серийных светодиодов CSP достаточно высоки. Здесь рассмотрены два светодиода. Один выпускается компанией Cree (рис. 2), а другой — компанией Genesis Photonics (Тайвань). Их параметры приведены в таблице 1. Основной причиной отставания от светодиодов 3535 по световому потоку, вероятно, является отсутствие линзы, которая, как правило, дает приращение по потоку на 10–15% относительно плоского слоя (за счет уменьшения внутреннего отражения излучения).

Так как разница в световой отдаче с серийными светодиодами 3535 (у которых она сейчас составляет, как правило, 130–140 лм/Вт при аналогичных цветности излучения и цветопередаче) невелика, для новых светодиодов CSP

открыты многие области применения, характерные для мощных белых светодиодов. На сегодня известно о применении в таких изделиях, как:

- светильники внутреннего освещения;
- светодиодные лампы;
- уличные светильники;
- телевизионные панели;
- вспышки мобильных телефонов;
- источники света для автомобильных фар.

Стоимость изготовления светодиода CSP на данный момент представляется минимальной для класса мощных светодиодов. В отношении затрат на производство с ними может сравниться только разрабатываемый формат светодиода WICOP (<http://www.seoulsemicon.com/en/technology/WICOP/>). Он представляет

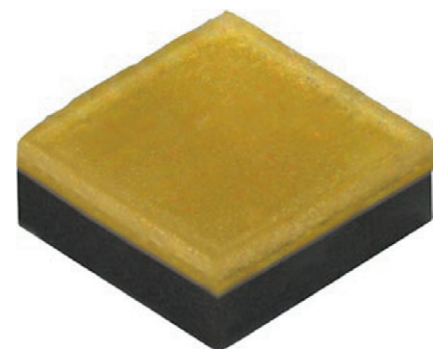


Рис. 2. Пример светодиодов CSP

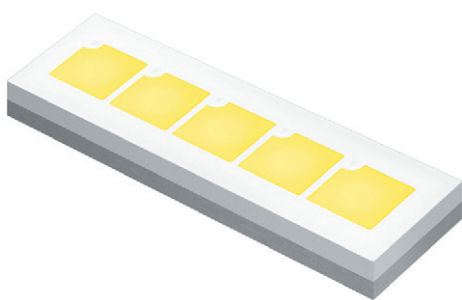


Рис. 3. Модуль на основе светодиодов CSP для автомобильной фары

собой, по сути, излучающий кристалл, покрытый люминофорным слоем, без корпуса. Монтаж такого светодиода осуществляется посадкой чипа непосредственно на плату светильника. Однако технология производства WICOP пока до конца не освоена, и процесс их поверхностного монтажа в силу малых размеров и повышенных требований к точности посадки требует решения определенных технических задач, не говоря уже о том, что не все производства располагают требуемым оборудованием.

Поэтому, отличаясь хорошей надежностью, высокой световой отдачей и низкой стоимостью, светодиоды CSP активно начинают вытеснять светодиоды 3535 из части их применений. В первую очередь, это применения для потребляемой мощности светодиода не выше 5 Вт, но применения достаточно требовательные. Как решается вопрос с некоторым ограничением по мощности? Дело в том, что компактные размеры CSP позволяют делать на их основе достаточно мощные модули. Один из таких модулей, для автомобильной фары, показан на рис. 3. Его суммарная потребляемая мощность составляет 27 Вт. На каждый светодиод приходится по 3,4 Вт, т. е. через чип течет ток около 1100 мА. Конечно, следует учитывать, что для автомобильных источников света применяются системы активного теплоотвода. Для светильников общего освещения имеет смысл устанавливать рабочий ток светодиода не выше 700 мА.

Вопрос о применении для светодиодов CSP вторичной оптики также решается. Строго говоря, существующие вторичные линзы для формата 3535

не подходят для плоских светодиодов: в итоге получаются несколько искаженные результирующие диаграммы направленности излучения. Однако производители вторичной оптики идут навстречу пожеланиям потребителей и уже разрабатывают комплекты вторичной оптики специально для технологии CSP. Вторичные линзы для модулей COB (Chip-on-Board) можно во многих случаях использовать и для модулей CSP. Разумеется, перед применением полезно проверить их соответствие с помощью оптических расчетов.

Светодиоды CSP являются полноценными мощными светодиодами, характеризующимися высокой эффективностью и надежностью.

Ввиду малой стоимости они представляются конкурентами светодиодам 3535 во многих популярных применениях для токов не более 1500 мА (5 Вт).

Компактность CSP позволяет собирать из них светодиодные модули, по характеристикам близкие к модулям COB. ●