

Андреас Пол (Andreas Pohl) |

Решения в проектировании систем полупроводниковой светотехники

В статье описаны проблемы, с которыми сталкиваются разработчики светотехники на светодиодах. Статья посвящена конструированию системы на одноваттных светодиодах с эффективным отведением тепла от светодиодов высокой мощности (применение металлических печатных плат, сквозных отверстий для отвода тепла) с линзами, доступными на рынке, для соблюдения специфических требований, предъявляемых к конкретной системе. В статье также обсуждаются способы повышения эффективности и снижения габаритов светодиодной системы (использование миниатюрных драйверов, параллельное или последовательное включение).

Решение на мощных светодиодах для систем полупроводниковой светотехники

Компания Avago Technologies разработала светодиоды высокой мощности, идеально подходящие для применения в архитектурной подсветке и твердотельном освещении. Корпуса этих светодиодов созданы для применения в устройствах, основными условиями при создании которых являются следующие: эффективное рассеивание тепла, длительный срок эксплуатации и малая высота корпуса. Компания Avago в начале 2009 года расширила номенклатуру светодиодов высокой мощности и выпускает три семейства.

Первое и наиболее практичное семейство ASMT-Mxxx основано на надежном стандартном типе корпуса TO-220 и зарегистрировано под торговой маркой Moonstone (рис. 1). Разработчики могут использовать стандартный шаблон для



Рис. 1. Внешний вид светодиода ASMT-Mxxx серии Moonstone

мощного транзистора при разводке печатной платы под эти светодиоды.

Второе семейство — это ASMT-Axxx. Эти светодиоды имеют установочную площадку на плате, которая часто используется в системах твердотельного освещения (рис. 2). Разработчики могут легко использовать такие преимущества этого типа корпуса, как возможность пайки оплавлением припоя и низкое тепловое сопротивление, поскольку он совместим с одним из наиболее распространенных типов корпуса светодиодов высокой мощности.



Рис. 2. Внешний вид светодиода ASMT-Axxx

Последнее семейство светодиодов высокой мощности Avago, ASMT-Jxxx, отличается миниатюрным корпусом с высокой светоотдачей (рис. 3). Малый размер корпуса делает их идеальными источниками света в системах с ограниченными габаритами. Эти светодиоды обладают высокими показателями надежности, они не восприимчивы к влаге и допускают температуру перехода до 150 °С.

Улучшенные способности рассеивания тепла светодиодов высокой мощности Avago обеспечены конструкцией металлического основания,



Рис. 3. Внешний вид светодиода ASMT-Jxxx

позволяющей эффективно отводить тепло от корпуса (тепловое сопротивление корпуса $R_{th-J-P} = 9-12$ К/Вт в зависимости от технологии кристалла), что повышает надежность и увеличивает срок службы. Еще один фактор, играющий ключевую роль в увеличенном сроке эксплуатации этих светодиодов, — это использование силиконового наполнителя и усовершенствованный люминофор. К примеру, исследования деградации светоотдачи ASMT-MW00, основанные на фактических измерениях в течение 6000 часов при комнатной температуре ($T_{ambient} = 25$ °С, $T_{junction} = 43$ °С), показали снижение светоотдачи менее чем на 30% при экстраполяции на 50 тыс. часов непрерывной работы при токе 350 мА.

Все светодиоды высокой мощности Avago совместимы со стандартными производственными процессами, такими как монтаж вакуумным установщиком и пайка в печи методом оплавления припоя, и, кроме того, их можно монтировать без защиты от статического электричества (благодаря встроенному диоду Зенера они имеют уровень защиты ESD Level 16 кВ). Кроме того, корпуса ASMT-Mxxx можно паять вручную, что упрощает сборку образцов для демонстрации преимуществ

светодиодных источников света. Компания Avago предлагает улучшенную систему узких бинов, устраняющую разброс цвета, часто возникающий при использовании доступных в продаже светодиодов с более широкими системами разбивки.

Отведение тепла от корпуса светодиодов высокой мощности

Низкое тепловое сопротивление позволяет уменьшить внутреннюю температуру кристалла и увеличить срок службы. Но металлической подложки светодиода недостаточно для рассеивания той электрической мощности, которая преобразуется в тепло в процессе его работы. Хорошее термальное конструирование позволяет существенно улучшить срок службы светильника, так как температура перехода поддерживается в заданных пределах. Поэтому необходимо обращать внимание на тепловой аспект конструкции для управления температурой светодиода высокой мощности.

Для того чтобы использовать светодиоды Avago Moonstone при электрической мощности свыше 1 Вт, следует определить размеры теплоотвода. Существуют два основных способа отведения тепла от светодиодов высокой мощности в окружающую среду:

- печатная плата со сквозными отверстиями для отвода тепла и радиатор;
- металлическая печатная плата и радиатор.

Сквозные отверстия для отвода тепла

Этот способ предусматривает разводку многослойной печатной платы с большими металлизированными (медными) площадками и металлизированными отверстиями в печатной плате (рис. 4). Площадка для пайки должна быть указанного в техническом описании размера (10,7×8,4×17мм), это необходимо, чтобы предотвратить сдвиги в процессе пайки. Но металлизированная площадка должна быть большего размера, чем маска припоя (медная площадка ≈20×14 мм), и присутствовать на каждом слое многослойной (например, четырехслойной) платы. Тогда тепло будет отводиться от кристалла к металлическому основанию светодиода, так как металлическое основание припаяно непосредственно к медной площадке на печатной плате. Поскольку медь обладает высокой теплопроводностью, тепло будет равномерно распределяться по медной площадке. Термальные сквозные отверстия будут проводить тепло от верхнего к остальным слоям печатной платы, в том числе и на ее обратную сторону. Это позволит теплу эффективно распределяться и приведет к его высокому рассеиванию. Рекомендуется сделать не менее 50 термальных сквозных отверстий диаметром 0,3–0,5 мм на медной площадке, соединяющих разные медные слои печатной платы.

Печатную плату с термальными отверстиями следует монтировать на радиатор с помощью теплопроводящего материала, например теплопроводящего клея или теплопроводящей пленки

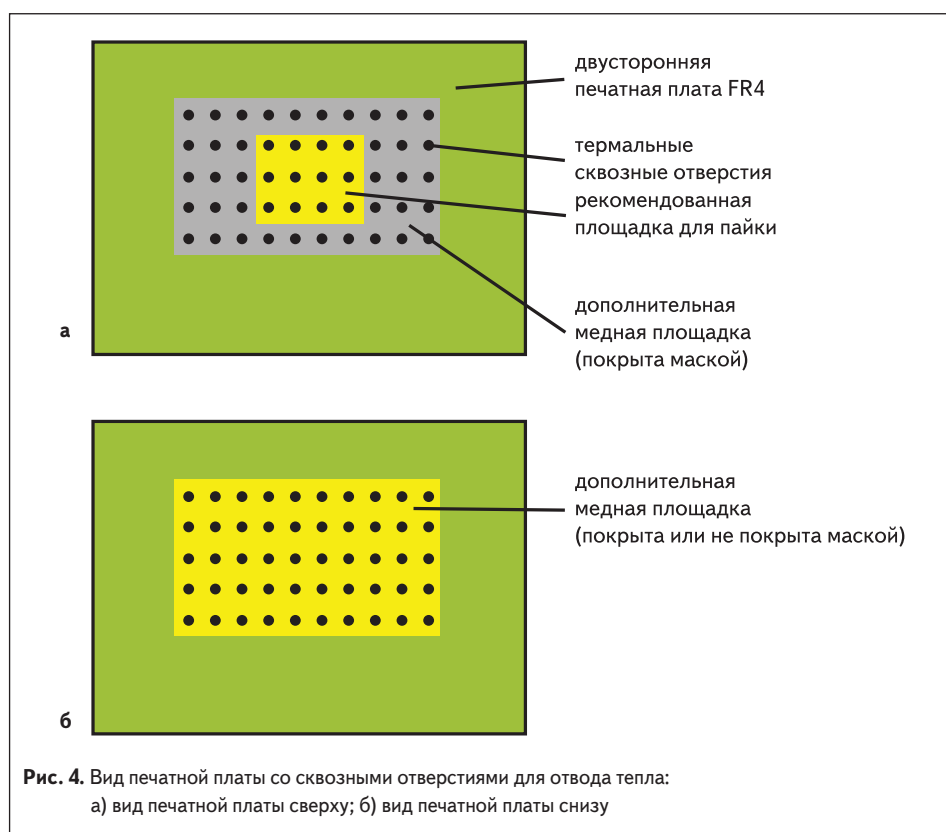


Рис. 4. Вид печатной платы со сквозными отверстиями для отвода тепла: а) вид печатной платы сверху; б) вид печатной платы снизу

(или иного материала с высокой теплопроводностью), и отверстий для привинчивания. Avago рекомендует использовать радиаторы из пресованного алюминия, соответствующие форме медной площадки, но можно применять и радиаторы другой формы при условии, что радиатор прилегает ко всей поверхности медной площадки.

Металлические печатные платы

Использование металлической печатной платы — это самый удобный способ решения проблемы теплоотвода. Но это довольно дорогостоящий подход, если металлическая печатная плата разрабатывается для конкретной конструкции, поскольку плата состоит из цельного алюминиевого слоя толщиной от 1,5 до 3 мм в зависимости от размеров конструкции.

Тепловое сопротивление от перехода до платы у светодиодов высокой мощности Avago на металлической печатной плате типа «звезда»

составляет около 18 К/Вт (рис. 5). Нижняя сторона металлической печатной платы изолирована, и поэтому ее можно монтировать на радиатор с использованием теплопроводящего материала. Размер и форма радиатора должны соответствовать размеру металлической печатной платы, и радиатор должен эффективно рассеивать тепло. В продаже имеется большой выбор радиаторов, пригодных для этой цели. Иногда хорошим решением является монтаж металлической печатной платы на металлическую пластину достаточной толщины для эффективного рассеивания тепла.

Электрическая схема включения

Светодиоды — это приборы, питаемые током, и ток должен быть определенного значения для получения предсказуемых уровней светимости и цветности. Светимостью можно управлять с помощью широтно-импульсной модуляции, которая не влияет на цветность. Светодиоды Avago Moonstone могут работать при силе тока 350 мА и имеют прямое падение напряжения не более 4,0 В: это основные параметры, необходимые для разработки схемы включения. Наиболее удобный способ питания светодиодов высокой мощности — это использование микросхемы, драйвера светодиодов высокой мощности. В продаже имеются различные микросхемы, большинство из них требуют входного напряжения, более высокого, чем выходное напряжение. Некоторые драйверы имеют встроенный преобразователь для получения необходимого выходного напряжения. Мы рассмотрим источник постоянного тока LM3404HV производства компании National



Рис. 5. Светодиоды серии ASMT-Mxxx на металлической подложке

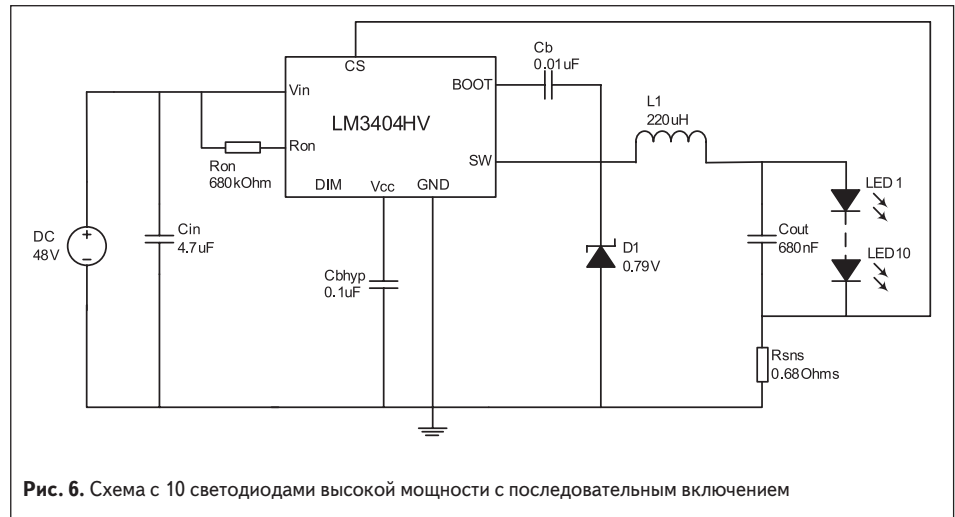


Рис. 6. Схема с 10 светодиодами высокой мощности с последовательным включением

Semiconductor (рис. 6). Выходной ток задается с помощью внешнего резистора, но постоянное входное напряжение должно быть выше, чем требуемое выходное напряжение. Кроме того, для питания светодиодов высокой мощности можно использовать источник постоянного напряжения с резисторами, задающими ток. В этом случае величина сопротивления должна соответствовать типовому значению прямого падения напряжения светодиодов, которое можно найти в техническом описании, чтобы не превысить максимально допустимую силу тока. Однако этот метод требует специального набора резисторов для разных значений прямого падения напряжения светодиодов, для того чтобы настроить необходимую силу тока. Другим недостатком этого способа являются относительно высокие потери мощности, которую должны рассеивать резисторы. Это ведет к снижению КПД светильника.

Последовательное или параллельное включение?

Рекомендуется включать светодиоды высокой мощности последовательно, если источник питания поддерживает требуемый уровень напряжения. Но при необходимости допустимо и параллельное включение.

Оптика

Преимуществом светодиодов по сравнению с традиционными источниками света является направленный характер светового излучения. Поэтому нет необходимости использовать рефлектор для отражения света в определенном направлении с целью получения большего количества света от источника. Светодиоды высокой мощности производства компании Avago обладают широким углом светораспределения (до 160°), что делает их идеальными источниками света для однородного освещения поверхности, расположенной близко к светодиодам, например для подсветки надписей на стене. С другой стороны, широкий угол светораспределения, заданный корпусом светодиода, ограничивает расстояние между светодиодом и освещаемой поверхностью при разумном уровне освещен-

ности, например при использовании настольного светильника. Поэтому целесообразно собрать световой поток в более узкий пучок для получения подходящего уровня освещенности на большем расстоянии.

Более узкий угол светораспределения можно получить с помощью вторичного рефлектора или вторичной линзы, используемой со светодиодом высокой мощности. Оптический КПД обоих методов составляет от 80 до 90%, в зависимости от соединения и внутреннего отражения между внутренним рефлектором светодиода и вторичной линзой или рефлектором. Компания Avago предлагает линзы с углами, наиболее применяемыми в осветительных приборах и световых знаках, от 6 до 30 градусов (рис. 7).



Рис. 7. Внешний вид линз с углами от 6 до 30 градусов

Поскольку в различных изделиях требуются разные оптические диаграммы распределения света, компания Avago сотрудничает с несколькими европейскими производителями оптики, чтобы обеспечить своих заказчиков линзами, дающими более равномерную засветку светового пятна. Эти производители могут создавать линзы, имеющие специальную форму, размер и диаграмму распределения, или включать несколько светодиодов в одну линзу для получения результатов, необходимых конкретному заказчику. Среди производителей, предлагающих готовую вторичную оптику для светодиодов высокой мощности Avago, такие компании, как Carlco, Ledil, Khatod и Polymer Optics.