

УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМ РЕЖИМОМ СВЕТОДИОДНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА

В. Н. Шиленкова

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. И. Кравченко

Общеизвестно, что срок службы светодиода зависит от используемого полупроводникового материала, а также отношения тока светодиода к количеству выделяемого тепла. Световая отдача постепенно снижается, и после того как она достигнет 50 % от начального значения, ожидаемый срок службы светодиода по определению истекает. Достижимый срок службы светодиодов может составлять от нескольких десятков тысяч до 100000 ч, но только в отсутствие воздействия высоких температур, которые радикально его сокращают.

Мощность излучения светодиода сильно зависит от температуры *p-n*-перехода кристалла. Это значит, что эффективность светодиода (КПД), которая определяется как отношение мощности светового потока к общему количеству подаваемой на светодиод электрической мощности, существенно уменьшается с ростом температуры. Хотя светодиод и называют «холодным излучателем», в свет преобразуется не вся его электрическая энергия. Как и в других полупроводниковых устройствах, большая ее часть (70–80 %) превращается в тепло. Именно поэтому, в отличие от тепло-

вых излучателей (например, ламп накаливания), светодиоды нуждаются в обязательном регулировании температурных режимов (охлаждении). При всех великолепных характеристиках высокоэффективных белых светодиодов их длительная и бесперебойная работа, а значит, воплощение в жизнь новых технологий освещения, возможны только при соблюдении граничных условий, накладываемых на температурные режимы. От высокоэффективных светодиодов, применяемых для освещения, требуется максимально возможный световой поток.

Исходя из технических принципов работы полупроводниковых компонентов, новых конструктивных решений, размещения нескольких кристаллов в одном корпусе и других факторов возникает необходимость в оптимальном регулировании температурных режимов [1]. Необходимость корректного расчета теплового режима светодиодов (особенно мощных) и выбор подходящей системы охлаждения – залог успеха при проектировании надежной и долговечной осветительной системы на светодиодах [2].

Теплоинженерные расчеты для оптимального охлаждения чрезвычайно сложны, поскольку необходимо учесть конструкцию светодиода и общее тепловое сопротивление как сумму тепловых сопротивлений отдельных материалов и переходов.

Есть еще несколько способов охлаждения светодиода: через корпус, через печатную плату (токонесущие дорожки, плакированная печатная плата) и с помощью радиаторов, приклеиваемых или припаяваемых на плату или монтируемых отдельно, и т. д.

При охлаждении светодиода через корпус отводимое тепло проходит два участка: между *p-n*-переходом и выводами светодиода, а далее между выводами и окружающей средой. В этом случае отвод тепла минимален, и поэтому данный метод ненадежен, в особенности при охлаждении высокоэффективных светодиодов.

Другой метод охлаждения предполагает монтаж радиатора на той же печатной плате, на которой установлены светодиоды (если это предусмотрено). Сложность конструкторской задачи, стоящей перед разработчиком в этом случае, может различаться. При малом тепловыделении в очень ограниченном числе случаев достаточно печатной платы из материала FR-4 с дополнительным слоем теплопроводящей пасты. При более интенсивном тепловыделении используются печатные платы особой конструкции, поскольку FR-4 является не очень хорошим проводником. Широко применяются для охлаждения светодиодов плакированные печатные платы. Алюминиевое основание позволяет отводить тепло от светодиодов в окружающую среду через тепловые каналы или вкладыши (с покрытием сплошным слоем меди) – напрямую или через смонтированный на плате дополнительный радиатор [4]. Помимо жестких печатных плат, данный метод равно применим и к гибким печатным платам, изготовленным из PET, PEN, PI, поскольку к ним также можно приклеить алюминиевую теплораспределительную пластину и радиатор.

В случае высокоэффективных светодиодов использование радиатора является обязательным. Существуют различные базовые подходы к конструированию радиаторов для свободной конвекции. Пользуясь предоставленными производителем графиками, по расчетному значению теплового сопротивления пользователь может определить параметры радиатора для конкретного применения. Иногда для увеличения площади теплорассеивающей поверхности на дно радиатора наносится слой меди – в этом случае светодиод можно будет непосредственно припаять к радиатору.

Эффективность охлаждения можно повысить, реализовав принудительную вентиляцию. Вентилятор на радиаторе, в зависимости от способа применения, может улучшить теплоотвод примерно на 40 %. Для этой цели используются специально разработанные радиаторы.

Исследование системы охлаждения светодиода с использованием радиатора с «паровой камерой» для обеспечения заданного температурного режима светодиодов имеет существенный потенциал.

Одним из методов охлаждения светодиодов с большим тепловыделением, который найдет свое применение в будущем, является термоэлектрический – с использованием элементов Пельтье.

Достоинством элемента Пельтье являются небольшие размеры, отсутствие каких-либо движущихся частей, а также газов и жидкостей. При обращении направления тока возможно как охлаждение, так и нагревание – это дает возможность термостатирования при температуре окружающей среды как выше, так и ниже температуры термостатирования.

Недостатком элемента Пельтье является очень низкий коэффициент полезного действия, что ведет к большой потребляемой мощности для достижения заметной разности температур. Несмотря на это, элементы Пельтье нашли широкое применение, так как без каких-либо дополнительных устройств можно реализовать температуры ниже 0 °С.

В приборах, при низкой мощности охлаждения, элементы Пельтье часто используются как вторая или третья ступень охлаждения. Это позволяет достичь температур на 30–40 К ниже, чем с помощью обычных компрессионных охладителей (до –80 для одностадийных холодильников и до –120 для двухстадийных) [5].

В нашей работе использовался широко распространенный 127-парный элемент Пельтье ТЭС1-16112, величина номинального напряжения при токе 12 А составляет примерно $U = 16$ В с мощностью охлаждения в 137 Вт. Такой выбор напряжения питания является оптимальным, так как позволяет обеспечить, с одной стороны, достаточную мощность охлаждения, а с другой стороны, достаточную экономичность (холодильный коэффициент). При повышении напряжения питания более 16 В увеличение холодильной мощности будет незначительным, а потребляемая мощность будет резко увеличиваться. При понижении напряжения питания экономичность будет расти, холодильная мощность будет уменьшаться, но линейно, что очень удобно для организации плавного регулирования температуры.

Исследования возможности использования элемента Пельтье для охлаждения и термостатирования проводились на мощных светодиодах (0,5–50 Вт). Элементы Пельтье включались как последовательно в цепь питания светодиода, так и от отдельных источников тока. Как оказалось, при питании диодов напряжением постоянного тока поддерживать постоянный температурный режим можно только у светодиодов с мощностью потребления более 20 Вт [6].

В каждом конкретном случае требуется использовать определенное число элементов, установленных не только в непосредственном контакте со светодиодом, но и на радиаторе общего охлаждения. Поэтому этот метод не находит широкого применения по причине его дороговизны в настоящее время.

Следует ожидать, что в будущем светодиод утвердится на рынке как универсальный источник света для всех типов освещения. Во многих случаях условия эксплуатации светодиодов обуславливают обязательное регулирование температурных режимов (охлаждение), что определяет высокую эффективность и длительный срок службы.

Литература

1. Светодиодный источник света : пат. на полезную модель № 2392539 / В. С. Абрамов, С. П. Черных ; заявка 2008129653/28, 27.01.2010 ; опубл. : 20.06.2010 / Бюл. № 17.

2. Коган, Л. М. Полупроводниковые светоизлучающие диоды / Л. М. Коган. – М. : Электрон. техника, 1989. – 415 с.
3. Иванов, В. И. Справочник. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы / В. И. Иванов, А. И. Аксенов, А. М. Юшин. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 480 с.
4. Коган, Л. М. Техничко-экономические вопросы применения светодиодов в качестве индикации и подсветки в системе отображения информации / Л. М. Коган, С. А. Дохман. – Светотехника. – 1990. – № 3. – 289 с.
5. Шостаковский, П. Термоэлектрические источники альтернативного электропитания / П. Шостаковский // Компоненты и технологии. – 2010. – № 12. – С. 131–138.
6. Лотар, Н. Охлаждение и регулирование температурных режимов светодиодов / Н. Лотар // Полупроводниковая светотехника. – 2010. – № 3. – С. 13–15.
7. Тепловые условия эксплуатации мощных светодиодов / Г. И. Котов [и др.] // Вестн. ВГТУ. – 2012. – Т. 8, № 8. – С. 96–99.