

Л.Г. Бабушкина

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОВОДА В СВЕТОДИОДНОЙ ТЕХНИКЕ

*Большая часть электроэнергии (около 75 %), потребляемой светодиодом, преобразуется в тепло и только 25 % – в свет. Поэтому при конструировании светодиодных светильников решающую роль в обеспечении их максимальной эффективности играет оптимизация теплового режима светодиодов. протце го-
воря, интенсивное охлаждение.*

Светодиодное освещение – одно из перспективных направлений технологий искусственного освещения, основанное на использовании светодиодов в качестве источников света. Световая эффективность полупроводниковых светодиодов достигла уже 100 лм/ Вт.

Такие ультраяркие светодиоды приходят на смену обычным лампам накаливания и находят свое применение во всех областях светотехники: лампы уличного освещения, автомобильная светотехника, светофоры, рекламные вывески и т.д. Выгодно их применять и там, где необходимо жестко экономить электроэнергию, где дорого обходится частое обслуживание и где высоки требования по электробезопасности.

В отличие от обычных ламп накаливания светодиоды не излучают тепло в окружающее пространство, проводят его в направлении от $p-n$ перехода к теплоотводу в корпусе светодиода (обычно или вывод светодиода или специальная металлическая пластинка). Поэтому процесс отвода тепла более сложен и специфичен [4], состоит из множества тепловых сопротивлений:

- а) $p-n$ переход – теплоотвод корпуса;
- б) теплоотвод корпуса – печатная плата;
- в) печатная плата – радиатор;
- г) радиатор – окружающая среда.

Вследствие этого использование мощных светодиодов связано с высокой вероятностью чрезмерного увеличения температуры перехода, от которой зависят срок службы, надежность и световые характеристики светодиода. Данные исследований свидетельствуют, что примерно 65–85 % электроэнергии при работе светодиода преобразуется в тепло. Поэтому очень важно правильно рассчитать тепловой режим и по возможности максимально рассеять выделяемое светодиодом тепло. Если используются диоды высоких мощностей, то используются специальные печатные платы (ПП) с металлическим основанием толщиной 0,5–3,2 мм [1].

Наиболее распространенными материалами для основания служат Al или Cu. Основные характеристики, по которым следует их сравнивать, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики теплопроводности материалов

Параметр	Al	Cu
Коэффициент теплового расширения (КТР), $С^{-1}$	24	18
Теплопроводность, Вт/м·К	173	260
Плотность, г/см ³	2,7	8,9

Хотя Cu обладает лучшими теплопроводными свойствами, Al все-таки является самым распространенным материалом для плат с металлическим основанием, так как это более дешевый и легкий материал.

В платах с металлическим основанием слой диэлектрика – ключевой, поскольку соединяет основание с верхним слоем металла. В качестве верхнего слоя используется медная фольга толщиной от 35–350 мкм. Диэлектрик – препрег – стеклоткань, пропитанная эпоксидными смолами толщиной 50–150 мкм.

В качестве препрега лучше использовать специальную химически стойкую структуру с высокой теплопроводностью толщиной 75–200 мкм, изготовленную из смеси полимера со специальной керамикой [2]. Полимер выбирается, исходя из его диэлектрических свойств, тогда как керамический наполнитель предназначен для улучшения теплопроводности. Удельное объемное сопротивление (ρ) составляет 10^{14} Ом·см. При толщине диэлектрика 75 мкм допустимое рабочее напряжение между слоями составляет 5,5 кВ переменного тока, теплопроводность – не ниже 1,3 Вт/м·К, что вполне достаточно

для большинства приложений. Печатные платы на металлическом основании не ограничены применением только для мощных светодиодов, а могут использоваться в любом изделии, где важны теплоотвод и габариты. Применение таких плат существенно упрощает технологический процесс, так как исчезает необходимость в дополнительных теплоотводах – радиаторах, шинах и т.п.

При разработке недорогих изделий, содержащих мощные светодиоды, вместо печатных плат на металлическом основании используют печатные платы на стеклотекстолите марки FR-4 и МСРСВ. Для отвода тепла к внешнему радиатору используют металлоизолированные отверстия под светодиодами, которые создаются путем сверления и последующего омеднения. Основной недостаток стеклотекстолита типа FR-4 – его низкая теплопроводность.

Для сравнения рассмотрим значения теплопроводности для ПП из FR-4 и МСРСВ (табл. 2, 3).

Таблица 2

Значения для ПП из FR-4

Материал слоев	Толщина, мкм	Теплопроводность, Вт/мград
Паяльная паста (Sn Ag Cu)	75	58
Верхняя фольга Cu	70	398
Стеклотекстолит FR-4	1588	0,2
Нижняя фольга Cu	70	398

Таблица 3

Значения для ПП МСРСВ

Материал слоев	Толщина, мкм	Теплопроводность, Вт/мград
Паяльная паста (Sn Ag Cu)	75	58
Верхняя фольга Cu	70	398
Диэлектрик	100	2,2
Алюминий	1588	150

Довольно часто для отведения избыточного количества тепла от мощных светодиодов используют установку компонента на радиатор, что увеличивает площадь лучистого и конвекционного обмена. Эффективность теплоотвода в области контакта двух поверхностей будет зависеть от эффективности передачи тепла, если между

контактирующими поверхностями возникает воздушный зазор, то возрастает сопротивление тепловому потоку и эффективность отвода тепла снижается. Чтобы избежать образования воздушной прослойки между контактирующими поверхностями, используют теплопроводящий материал. К таким материалам можно отнести теплопроводящие пасты и клеи.

Теплопроводящие пасты должны иметь широкий диапазон рабочих температур (от -50 до $+200$ °С) и высокую теплопроводность. Довольно хорошие характеристики имеет силиконовая теплопроводящая паста *Don Cominq SC 102*: теплопроводность – $0,8$ Вт/м·К; диапазон рабочих температур от -45 до $+200$ °С, что обеспечивает эффективный отвод тепла при любых температурах эксплуатации [3].

Теплопроводящие клеи *Cominq SE 4420, SE 4486, 3-6752* имеют теплопроводность от $0,9$ до $1,9$ Вт/м·К. Кроме хорошей теплопроводности они обеспечивают еще и механическое крепление.

Кроме теплопроводящих паст и клеев для теплоотвода используют теплопроводящие подложки, которые представляют собой отвержденный силиконовый гель. Теплопроводность подложки составляет от $0,7$ до $3,5$ Вт/м·К и толщина – от $0,25$ до $5,0$ мм. Эти подложки могут выполнять еще и функцию заполнения воздушных зазоров.

Таким образом, применение современных теплопроводящих материалов повышает конкурентноспособность светодиодов за счет обеспечения высокого качества продукции и оптимизации себестоимости.

Библиографический список

1. Шуберт Ф. Светодиоды: пер. с англ. / под ред. А.Э. Юновича. – 2-е изд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008.
2. Маркс Петер. Технические особенности применения светодиодов // *Licht*. – 2009.
3. Савельев А., Ковенский В. // Поверхностный монтаж. – 2011. – № 9.
4. Полищук А. // Современная электроника. – 2006. – № 3.

Получено 05.09.2012