

УДК 536.248.2

КОНТАКТНОЕ ТЕРМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ЗОНЕ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ СВЕТОДИОДНОГО МОДУЛЯ С ТЕПЛООТВОДОМ

А. С. Постол, д. т. н. Ю. Е. Николаенко, к. т. н. В. Ю. Кравец,
Е. С. Алексеик, С. М. Данилович

НТУУ «Киевский политехнический институт»

Украина, г. Киев

artempostol@gmail.com, yunikola@ukr.net

Приведены результаты экспериментального исследования контактного термического сопротивления в резьбовом соединении имитатора светодиодного модуля с теплоотводом цилиндрической формы. Полученные зависимости термического сопротивления от подводимой мощности могут быть использованы для расчета теплового режима светодиодных модулей в составе светодиодной люстры с тепловыми трубами.

Ключевые слова: термическое сопротивление, светодиодный модуль, тепловой контакт, светодиодная люстра.

В последнее время в практике освещения все чаще стали использовать энергоэффективные полупроводниковые светодиодные источники света (СИС), которые по сравнению с лампами накаливания потребляют примерно в 10 раз меньше электроэнергии и имеют значительно больший срок службы. Чаще всего несколько СИС монтируют на общую подложку из теплопроводного материала, образуя таким образом светодиодный модуль (СДМ) и увеличивая его общую мощность и световой поток. Так, например, современный светодиодный модуль СХА 1520 с размерами теплопроводного основания 15,85×5,85 мм в номинальном режиме работы потребляет мощность 17,5 Вт [1]. Около 75% потребляемой СИС мощности превращается в теплоту, увеличивая тем самым температуру его кристалла. Поскольку с увеличением рабочей температуры кристалла ухудшаются световые и цветовые характеристики СИС, уменьшается срок службы и снижается надежность работы, главной проблемой при применении СДМ в осветительных приборах является обеспечение заданного теплового режима полупроводникового кристалла СИС.

Для повышения эффективного отвода теплоты от СИС к удаленно расположенной развитой поверхности теплообмена в составе осветительного прибора перспективным является использование тепловых труб (ТТ). Однако при этом возникает задача создания разъемного соединения СДМ с ТТ с минимальным контактным термическим сопротивлением. Особенно эта задача усложняется в случае установки СДМ на ТТ цилиндрической формы. В связи с этим, целью данной работы является разработка перспективного конструктивно-технологического решения разъемного соединения СДМ с ТТ цилиндрической формы и исследование его контактного термического сопротивления.

В НТУУ «КПИ» разработана новая конструкция СДМ, обеспечивающая технологичную установку и замену СДМ на ТТ цилиндрической формы с минимальным контактным термическим сопротивлением [2] (рис. 1), что повышает ремонтпригодность осветительного прибора и обеспечивает заданный тепловой режим СИС. Обеспечение ремонтпригодности и минимального контактного термического сопротивления было достигнуто путем монтажа СДМ на ТТ с помощью резьбового соединения. Выполнение внутренней резьбы на поверхности сквозного отверстия в основании СДМ и внешней резьбы с таким же шагом на поверхности корпуса ТТ в зоне нагрева позволяет обеспечить разъемное соединение СДМ с ТТ. При этом, по сравнению с контактом гладких цилиндрических поверхностей, по меньшей мере вдвое увеличивается площадь контактирующих поверхностей (когда профиль резьбы имеет форму треугольника с углом 60°), вдвое уменьшается плотность теплового потока и перепад температуры в зоне контакта.

Передача теплоты по ТТ к удаленной развитой поверхности теплообмена осуществляется высокоэффективным замкнутым испарительно-конденсационным циклом теплоносителя в ТТ. Движение пара на рис. 1 показано пунктирными стрелками, а возврат конденсата – сплошными.

Эффективность теплопередачи в разъемном резьбовом соединении определяется контактным термическим сопротивлением. На макете разъемного резьбового соединения теплового имитатора СДМ (длина резьбы 55 мм, шаг 0,5 мм) с теплоотводом цилиндрической формы (внешний диаметр резьбы 14 мм) были выполнены экспериментальные измерения значений контактного термического сопротивления R в диапазоне подводимой к имитатору СДМ мощности P от 2 до 45 Вт (см. рис. 2).

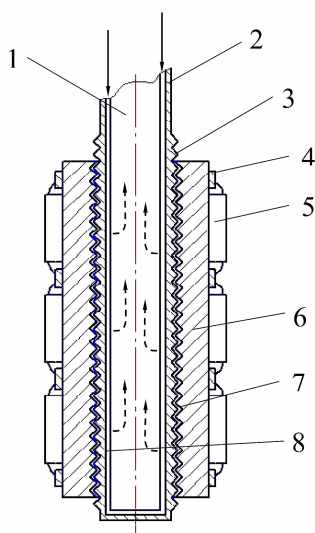


Рис. 1. Схема резьбового соединения СДМ с ТТ:

1 – ТТ; 2 – корпус ТТ; 3 – резьба на ТТ; 4 – печатная плата; 5 – СИС; 6 – основание СДМ; 7 – резьба в основании СДМ; 8 – слой капиллярной структуры

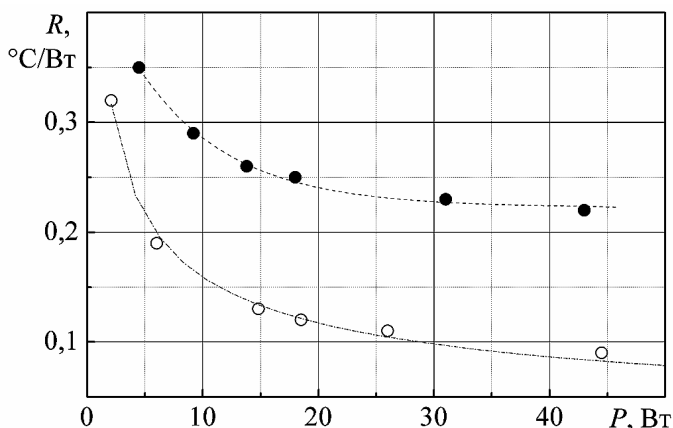


Рис. 2. Зависимость контактного термического сопротивления резьбового соединения без смазки контактирующих поверхностей (●) и со смазкой пастой КПТ-8 (○) от мощности СДМ

Из рис. 2 видно, что с увеличением подводимой мощности от 2 до 45 Вт значение контактного термического сопротивления уменьшается на 37% (с 0,35 до 0,22 °C/Вт). Введение в зону контакта резьбового соединения теплопроводной пасты КПТ-8 дополнительно снижает термическое сопротивление контакта на 45–59%.

Знание экспериментальных значений контактного термического сопротивления упрощает расчет системы теплоотвода СИС. Применение разъемного резьбового соединения СДМ с ТТ является перспективным при изготовлении светодиодных люстр для внутреннего освещения помещений, что позволит повысить их ремонтпригодность и обеспечить заданный тепловой режим СИС.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Дорожкин Ю., Туркин А., Червинский М. Новые семейства светодиодных модулей серии СХА компании Cree // Полупроводниковая светотехника. – 2014. – № 1. – С. 36–39
2. Патент № 95070, Украина. Світлодіодний модуль / Постол А.С., Ніколаєнко Ю. Є., Кравець В.Ю., Алексеїк О.С., Козак Д.В. – 2014. – Бюл. № 23.

A. S. Postol, Yu. E. Nikolaenko, V. Yu. Kravetz, E. S. Alekseik, S. M. Danilovich
Contact thermal resistance in the threaded joint zone of LED module with a heat sink.

The results of experimental investigations of the contact thermal resistance in a threaded joint of LED module simulator with a cylindrical shape heat sink are described. Obtained dependencies of the thermal resistance on the input power can be used to calculate the thermal regime of LED modules within a LED chandelier with heat pipes.

Keywords: *thermal resistance, LED module, thermal contact, LED chandelier.*