

УДК 62-716

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КРИСТАЛЛА СВЕТОДИОДА В СОСТАВЕ ЛЮСТРЫ С АЛЮМИНИЕВЫМИ ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ

Д. т. н. Ю. Е. Николаенко, Е. В. Быков, М. А. Лозовой,
к. т. н. С. М. Хайрнатов, к. т. н. Ю. А. Хмелев

НТУУ «Киевский политехнический институт»
Украина, г. Киев
yunikola@ukr.net

Представлены составляющие общего термического сопротивления на пути прохождения теплового потока от кристалла мощного светодиода до окружающего воздуха: кристалл — основание светодиода, основание светодиода — корпус модуля, корпус модуля — зона нагрева тепловой трубы, зона нагрева — зона охлаждения тепловой трубы, зона охлаждения тепловой трубы — ребро охлаждения, ребро охлаждения — окружающий воздух. Показано, что снижение любого из этих термических сопротивлений приводит к снижению температуры кристалла и увеличению срока службы светодиодной люстры.

Ключевые слова: люстра, осветительное устройство, светодиод, тепловая труба, термическое сопротивление

На освещение в Украине расходуется около 25 % всей потребляемой электроэнергии. Одним из путей энергосбережения в освещении является использование полупроводниковых источников света — светодиодов (СД), которые при излучении одинакового светового потока потребляют приблизительно в 10 раз меньше электроэнергии, чем лампы накаливания. Для внутреннего освещения квартир и других помещений все чаще применяются светодиодные лампы прямой замены, так называемые лампы-ретрофиты с цоколем E27, завинчиваемые в патроны уже существующих люстр. Как правило, мощность таких ламп составляет 5—12 Вт, что ограничивается затрудненными условиями отвода теплоты и, как следствие, напряженным тепловым режимом СД. Повышение температуры кристалла СД выше нормативного значения приводит к снижению светового потока и срока службы как самого СД, так и осветительного устройства в целом. В связи с этим, снижение температуры кристалла СД в составе осветительного устройства является актуальной задачей.

С целью улучшения условий отвода теплоты от СД в составе светодиодной люстры для внутреннего освещения помещений впервые в [2, 3] предложено в качестве элементов каркаса люстры использовать тепловые трубы (ТТ), в частности, алюминиевые ТТ с канавчатой капиллярной структурой (см. рисунок). Выбор алюминия в качестве материала корпуса ТТ и корпуса модуля определяется малым весом и высоким коэффициентом теплопроводности алюминия. Температура кристалла каждого СД, установленного на светодиодном модуле, определяется рассеиваемой им мощностью $P_{сд}$, термическим сопротивлением теплоотводящего тракта R_{Σ} и температурой окружающего воздуха $T_{в}$. Чем ниже суммарное термическое сопротивление теплоотводящего тракта, тем ниже температура кристалла СД при заданных выделяемой мощности и температуре окружающего воздуха. Целью данной работы является анализ составляющих суммарного термического сопротивления теплоотводящего тракта и поиск конструктивно-технологических путей его снижения.

Суммарное термическое сопротивление теплоотводящего тракта R_{Σ} складывается из суммы последовательно включенных составляющих термических сопротивлений:

$$R_{\Sigma} = R_{кр-осн} + R_{осн-мод} + R_{мод-зн\ ТТ} + R_{зн\ ТТ-зо\ ТТ} + R_{зо\ ТТ-р} + R_{р-в},$$

где $R_{кр-осн}$ — термическое сопротивление «кристалл — основание светодиода», $R_{осн-мод}$ — термическое сопротивление «основание светодиода — корпус модуля», $R_{мод-зн\ ТТ}$ — термическое сопротивление «корпус модуля — зона нагрева тепловой трубы», $R_{зн\ ТТ-зо\ ТТ}$ — термическое сопротивление «зона нагрева — зона

охлаждения тепловой трубы», $R_{зо\text{ тт-р}}$ — термическое сопротивление «зона охлаждения тепловой трубы — ребро охлаждения», $R_{р-в}$ — термическое сопротивление «ребро охлаждения — окружающий воздух».

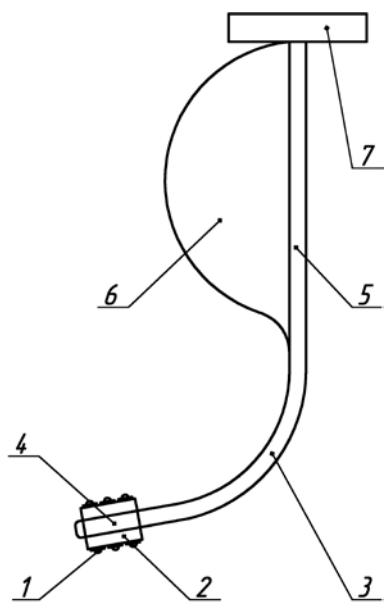


Схема рожка светодиодной люстры с алюминиевой ТТ:
1 — СД; 2 — корпус модуля;
3 — алюминиевая ТТ; 4 — зона нагрева ТТ; 5 — зона охлаждения ТТ; 6 — ребро охлаждения;
7 — драйвер СД

Сопротивление $R_{кр-осн}$ зависит от марки светодиода и определяется изготовителем. По возможности необходимо выбирать СД с минимальным термическим сопротивлением. Термические сопротивления $R_{осн-мод}$ (поз. 1—2), $R_{мод-зн\text{ тт}}$ (поз. 2—4) и $R_{зо\text{ тт-р}}$ (поз. 5—6) зависят от выбранных конструкционных материалов, от типа контакта и способа крепления светодиода на модуле, модуля на ТТ и ребра на ТТ. Необходимо стремиться к обеспечению более плотного прилегания контактных теплообменных поверхностей, максимального их сжатия, использования в зоне контакта высокотеплопроводных паст для разъемных соединений и припоев или сварки — для неразъемных. Термические сопротивления, связанные с процессами теплообмена внутри тепловой трубы, $R_{зн\text{ тт-зо\text{ тт}}}$ (поз. 4—5), определяются правильным выбором теплоносителя, капиллярной структуры и соблюдением технологии заправки и герметизации ТТ. Термическое сопротивление теплообмена между ребром охлаждения (поз. 6) и окружающим воздухом $R_{р-в}$, ввиду малых коэффициентов теплообмена с воздухом при свободной конвекции, определяется площадью поверхности теплообмена, увеличение которой достигается применением нескольких ребер, выбором вертикальной ориентации ребра или использованием вентилятора для создания вынужденной конвекции воздуха.

Снижению температуры СД способствует также перенос драйвера СД, выделяющего при работе определенное количество теплоты, в отдаленную от СД зону, в отличие от ламп-ретрофитов, где расстояние между ними минимально.

Таким образом, используя конструктивно-технологические меры снижения составляющих общего термического сопротивления на пути прохождения теплового потока от кристалла светодиода до окружающего воздуха, можно снизить температуру кристалла, и как следствие, повысить световой поток и срок службы светодиодной люстры.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ащрятов А.А., Барина И.А. Исследование параметров светодиодных ламп и их драйверов // Світлотехніка та електроенергетика.— 2013.— № 1.— С. 14-20.
2. Патент № 68831, Україна. Люстра / Ніколаєнко Ю.Є., Ніколаєнко Т.Ю.— 2012.— Бюл. № 7.
3. Николаенко Ю.Е. Решение тепловой проблемы мощных светодиодных светильников с помощью тепловых труб // Труды XIII Международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии».— Украина, г. Одесса.— 2012.— С. 203.

Yu. E. Nikolaenko, E. V. Bykov, M. A. Lozovoy, C. M. Khairnasov, Yu. A. Khmelev

The ways to reduce the temperature of LED chip as a part of a chandelier with aluminum heat pipes.

The analysis of components of the total thermal resistance on the way of thermal flux transfer from a powerful light-emitting diode crystal to an ambient air is given. Constructive and technological ways of decrease of thermal resistance are shown for the following of its components: crystal — light-emitting diode base, light-emitting diode base — module case, module case — heating zone of the thermal pipe, heating zone — cooling zone of the thermal pipe, cooling zone of the thermal pipe — cooling fin, cooling fin — ambient air. Decrease in any of these thermal resistances leads to the decrease of the crystal temperature, increase of a light flux and operating life of the LED chandelier.

Keywords: *chandelier, lighting fixture, LED, heat pipe, thermal resistance.*