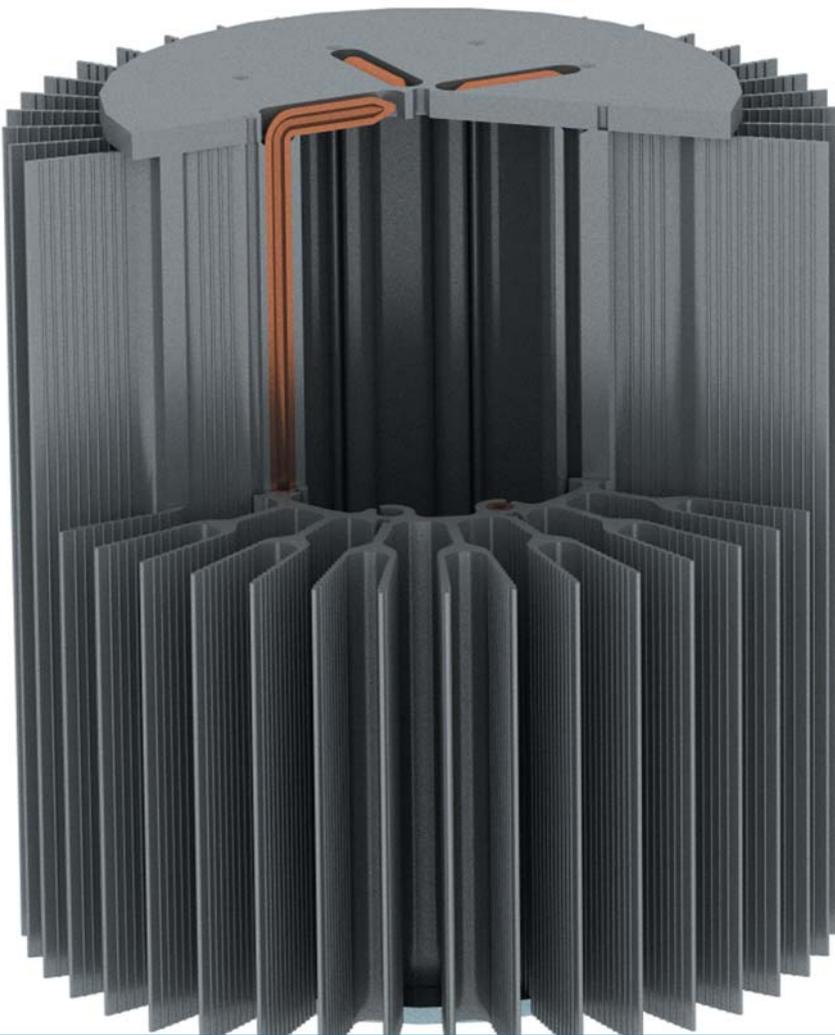


Тепловые трубы

В системах охлаждения осветительных приборов



Теплоотвод, или Когда «жар кости ломит»: подсказки инженеру

Развитие технологии и снижение затрат на производство светодиодов белого свечения привело к их бурному внедрению в системы бытового и промышленного освещения. С ростом удельной мощности светодиодов возникают проблемы, связанные с отводом тепла от излучающего кристалла и силовых компонентов драйвера. Несоблюдение теплового режима, как правило, приводит к деградации светодиодов, уменьшению светового потока с последующим выходом их из строя.

Для обеспечения теплового режима светодиодов в настоящее время применяется стандартное решение — пассивные радиаторы. От кристалла светодиода к радиатору тепловой поток передается кондукцией, а от радиатора в окружающее пространство — конвекцией и излучением. Ввиду малой площади кристалла светодиода (от 1×1 до 1,5×1,5 мм) и конечной теплопроводности металлов радиатор работает неэффективно, а наиболее удаленные от кристалла области радиатора могут не принимать участия в теплообмене с окружающей средой.

Для повышения эффективности теплоотвода от светодиодов в последнее время стали популярными тепловые трубы (ТТ). Технология их разработки и применения была достаточно хорошо отработана еще в XX в. и применялась в космических аппаратах и военной технике. Массовое производство ТТ, как ожидается, позволит снизить их стоимость. И, как следствие, расширится область их применения на потребительском рынке, в том числе и в бытовой технике.

Конструктору осветительной аппаратуры необязательно вникать в методы расчета и технологию производства ТТ, достаточно знать их основные типы, достоинства и недостатки. Почему-то считается, что применение ТТ сразу решит проблемы с теплоотводом, но это неверное мнение. ТТ является только эффективным проводником тепла, ее теплопроводность на два порядка выше теплопроводности такого же по размерам металлического прутка. Таким образом, ТТ может из одной точки пространства в другую передать тепловую энергию с малыми потерями, но перемещенную тепловую энергию все-таки придется рассеивать

в пространство. Может показаться в таком случае бессмысленным применение ТТ: они не рассеивают тепло, а только его переносят... Но у ТТ имеется еще одно полезное свойство — она может работать как «трансформатор температуры». Забирая тепло у практически точечного источника тепла, ТТ может равномерно распределить тепловую энергию по основанию радиатора, который неэффективно отводил тепло без применения ТТ. На рис. 1 показано распределение температуры на пластине от источника тепла мощностью 20 Вт, размерами 10×10 мм. На рис. 2 показано распределение температуры на той же пластине, но тепловая энергия передается на пластину с помощью ТТ от того же источника тепла, что и на рис. 1 (мощность 20 Вт, размер 10×10 мм). При сравнении распределения значений температур видно, что ТТ увеличивает эффективность теплоотдачи радиатора.

В настоящее время в системах охлаждения применяются следующие виды ТТ:

- Профильные ТТ. Профиль изготавливается методом экструзии, как правило, из алюминиевого сплава. Этот профиль (рис. 3) уже содержит все необходимые элементы ТТ, фитильную структуру и паропровод внутри трубы и плоские крепежные полки снаружи. Теплоноситель — ацетон или аммиак.

Достоинства профильных ТТ: тепловое сопротивление ниже 0,01 Вт/К, то есть при мощности теплового потока в 100 Вт разность температур между концами ТТ составит менее 1 °С, а температурный диапазон эксплуатации — -60...+70 °С.

Недостатком профильных ТТ является их гравитационная зависимость: зона нагрева должна находиться ниже зоны охлаждения.

- Медные ТТ различаются по типу фитиля: фитиль в виде спеченного медного порошка; фитиль в виде проволочной плетенки; фитиль в виде канавок на внутренней стенке. Теплоноситель — спирты или вода. Достоинство имеется только у ТТ с фитилем в виде порошка, так как работоспособность ТТ не зависит или незначительно зависит от ее положения в пространстве. ТТ с плетенкой из проволоки в качестве фитиля и с канавками на стенках проявляют гравитационную зависимость, для их нормальной работы зона нагрева должна находиться ниже зоны охлаждения.

Достоинство медных ТТ: дешевизна по сравнению с профильными ТТ, нейтральный теплоноситель — вода, тепловое сопротивление 0,01 Вт/К.

Недостатки: вес; сложность сопряжения цилиндрической поверхности ТТ с охлаждаемыми элементами; при заправке водой возможен разрыв ТТ при замерзании теплоносителя.

- Теплопроводящие панели. Они представляют собой пластины толщиной от 2 мм, внутри пластины между ее плоскостями расположена порошковая фитильная структура. Теплоноситель — спирты или вода. Для пластины размером 3×100×100 мм неравномерность температуры поверхности — 2 °С. Эти элементы используются для распределения тепла от точечного источника на всю площадь тепловой панели.
- Контурные ТТ представляют собой конструкцию из капиллярного насоса, конденсатора, паропровода и конденсатопровода. Основные недостатки — тепловое сопротивление 0,25 Вт/К, самое высокое из всех ТТ. Стоит отметить, что длительный выход в рабочий режим контурных ТТ может привести к перегреву охлаждаемого элемента.

Самая высокая стоимость по сравнению с ранее перечисленными ТТ обусловлена сложностью конструкции и большим количеством сборочных операций. Работоспособность мало зависит от положения в пространстве. Контурные ТТ используются в единичных экземплярах в конструкции космических аппаратов, а в наземной аппаратуре практически не применяются.

* * *

Применение тепловых труб в системах охлаждения осветительных приборов позволяет улучшить тепловой режим, а при правильном их выборе — снизить стоимость и увеличить эффективность системы охлаждения. Следует внимательно относиться к выбору ТТ, учитывая условия эксплуатации светильника, его положение и изменение этого положения в пространстве во время эксплуатации, а также его температурный диапазон. ●

Литература

1. П. Д. Дан, Д. А. Рей. Тепловые трубы. Heat Pipes, 1976 / Пер. с англ. Ю. А. Зейгарника. М.: Энергия, 1979.

2. Ивановский М. Н., Сорокин В. П. Физические основы тепловых труб. М.: Атомиздат, 1978.
3. Пат. № 108689 (РФ) МКИ H01L23/34. Модуль охлаждения // Заявка РФ № 2011116716/28 от 27.04.2011 г.

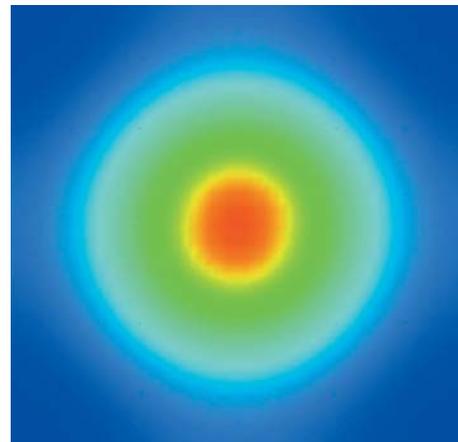


Рис. 1.

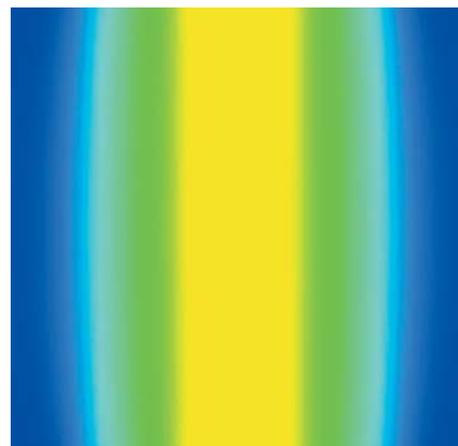


Рис. 2.

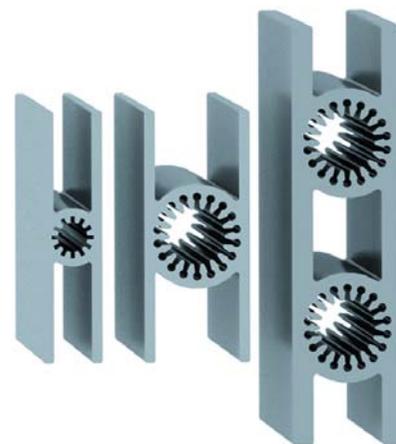


Рис. 3.