

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ТРУБ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Мазюк Н. В., Белоногов И. Ю., Ковалевский М. Д.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Яцук В. А. – магистр, ассистент кафедры ПИКС

Аннотация. Произведен анализ устройства, разработки и применения различных видов тепловых труб. Установлено, что применение тепловых труб является не только перспективным, но и необходимым способом охлаждения радиоэлектронных средств.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, тепловой режим, охлаждение, тепловая труба

Введение. В настоящее время в плане повышения надежности работы и стабильности выходных параметров электронных приборов большое внимание уделяется не только совершенствованию традиционных способов охлаждения, но и поиску новых технических решений, обеспечивающих отвод и эффективное рассеяние тепловой энергии при минимальных энергетических и массогабаритных показателях устройств в целом [1].

В данной статье автором показаны устройство и классификация тепловых труб, особенности их применения и разработки, а также использование в современных условиях и перспективы применения в радиоэлектронных устройствах.

Основная часть. Высокая надежность полупроводниковых приборов может быть реализована только с учетом зависимости их параметров от теплового режима работы. В противном случае аппаратура может оказаться рассчитанной так, что ее работа будет ненадежной или, наоборот, запас по надежности будет большим, а эффективность низкой [2]. Процесс переноса тепловой энергии из одной части пространства в другую осуществляется тремя различными способами: теплопроводностью (кондукцией), конвекцией и излучением. Обычно все три способа переноса тепловой энергии существуют одновременно и в своей совокупности определяют тепловой режим аппарата [3].

Основным критерием выбора материалов при проектировании теплопередающих и теплоотводящих элементов является высокое значение коэффициента теплопроводности λ . К наиболее эффективным из них относятся алюминий ($\lambda = 205$ Вт/(м·С)), медь ($\lambda = 394$ Вт/(м·С)) и их сплавы. Однако даже при использовании таких материалов передача тепла на значительное расстояние неизбежно связана с увеличением массы теплопередающих элементов и ростом перепада температуры по их длине. Поэтому, в зависимости от конструктивных особенностей приборов и условий их эксплуатации, перспективным направлением решения данной проблемы является совершенствование систем охлаждения с теплопередающим трактом на основе жидкостной магистрали, а также разработка более эффективных теплопередающих элементов - тепловых труб [4].

Тепловая труба – испарительно-конденсационное устройство, служащее для отвода тепловых нагрузок от труднодоступных теплонапряженных элементов при малых градиентах температуры, работающее по замкнутому циклу. Характеризуется очень высокой эффективной теплопроводностью (5000–20000 Вт/(м·К)); способностью передавать теплоту на несколько порядков выше, чем в устройствах, где этот процесс происходит за счет изменения энтальпии теплоносителя; изотермичностью поверхности при низком термическом сопротивлении; относительной простотой конструкции [5]. Основные элементы тепловой трубы: корпус, фитиль, рабочая жидкость. Корпус обычно выполняют из круглой трубы (но имеются и плоские тепловые трубы). Тепловой поток подводят к участку корпуса на одном из концов тепловой трубы [6].

Выбор фитиля для тепловой трубы определяется многими факторами, часть из них тесно связана со свойствами рабочей жидкости. Основное назначение фитиля, несомненно, состоит в создании капиллярного напора для перемещения жидкости из конденсатора в испаритель. Фитиль должен также обеспечить должное распределение жидкости по всей зоне испарения, т. е. ко всем ее точкам, где к тепловой трубе может быть осуществлен подвод теплоты. Зачастую решение этих двух задач требует использования фитилей различной формы [7].

Рабочая жидкость должна быть совместимой с материалом фитиля и корпуса трубы, а также смачивать их; обладать высокой термической стойкостью и теплопроводностью; давление паров жидкости в рабочем диапазоне температур не должно быть излишне высоким или низким; иметь большую скрытую теплоту парообразования, низкое значение вязкости жидкой и паровой фаз, высокое поверхностное натяжение [5].

Классифицируют тепловые трубы по следующим признакам [6].

1. По температурному диапазону: криогенные ($T < 200$ К), низкотемпературные ($T = 200...550$ К), среднего диапазона ($T = 550...750$ К), высокотемпературные ($T > 750$ К).
2. По виду теплоносителей: металлические (калий, натрий, серебро и др.), неметаллические (вода, аммиак, фреоны, криогенные жидкости, высокотемпературные органические теплоносители и др.).
3. По форме оболочек и фитилей: цилиндрические, плоские, коаксиальные, кольцевые.
4. По роду материала оболочек и фитилей: алюминиевые трубы с сетчатым фитилем из нержавеющей стали или алюминиевой металлокерамики; медные трубы с фитилем из медной сетки, войлока, керамики.

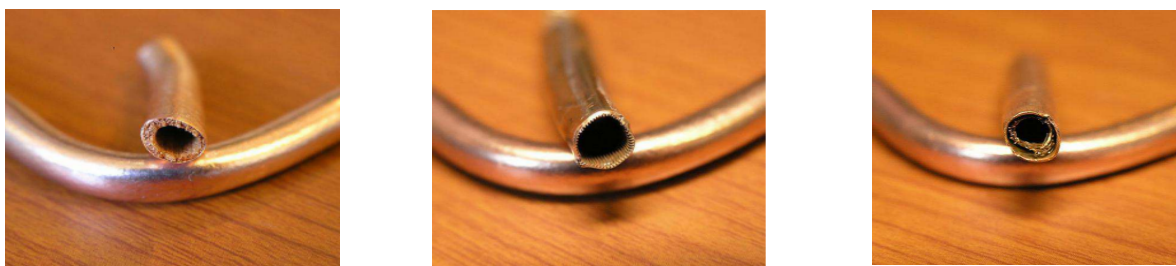


Рисунок 1 – Различные виды тепловых труб из меди. Слева направо: пористая структура, фитиль в виде желобков, металлическая сетка

В РЭС тепловые трубы могут выполнять ряд функций: с их помощью теплоотдающая поверхность может быть вынесена за пределы основных функциональных блоков и узлов, тепловые трубы позволяют создать внутри приборов области сравнительно равномерного температурного поля и тем самым снизить механические напряжения, решать задачи термостабилизации и др. [9]. В настоящее время известны примеры использования ТТ для охлаждения как отдельных теплонагруженных элементов и узлов, так и целых радиоэлектронных блоков и устройств [9].

Следует отметить, что в РЭА при использовании ТТ повышается эффективность и активной, и пассивной систем охлаждения. Так, в компьютерных системах класса лэптоп чаще всего реализуется подход повышения эффективности активной системы охлаждения. В этом случае использование ТТ позволяет улучшить компоновку и уменьшить массогабаритные характеристики изделия, повысить отводимый от изделия тепловой поток, уменьшить стоимость изделия. Перспективным является и создание пассивных систем охлаждения [10].

Следует отметить перспективу разработки и применения некоторых специфических видов тепловых труб. Микро- и миниатюрные ТТ круглой формы диаметром от 0,3 до 6 мм получили сегодня наибольшее распространение. Их корпус изготавливается из меди, в каче-

стве теплоносителя используется дистиллированная вода, этанол, метанол или ацетон. Они могут изготавливаться с капиллярной структурой различного типа или же без нее [10].

Проблема обеспечения теплового режима РЭА при высоких плотностях теплового потока привела к созданию так называемых паровых камер, эффективность применения которых на сегодняшний день подтверждена многочисленными научными исследованиями и массовостью их производства для серверных систем [10].

Основной чертой плоских тепловых труб является наличие протяженной поверхности с очень малым градиентом температур поперек нее. Эта почти изотермическая поверхность может быть использована для выравнивания температуры и устранения горячих пятен, связанных с наличием нагревателей. С ее помощью можно также создать очень эффективный радиатор для охлаждения размещенных на нем устройств. Кроме того, располагая ряд тепловыделяющих элементов на плоской тепловой трубе, можно обеспечить работу этих элементов при одинаковых температурах благодаря тому, что паровой объем тепловой трубы будет иметь фиксированную однородную температуру [7]. Гибкие тепловые трубы применяются в тех случаях, когда имеется вибрация источника (стока) теплоты или возникают трудности при соединении источника (стока) теплоты с жесткой тепловой трубой. Гибкость обеспечивается вставкой в корпус между испарителем и конденсатором гибкого элемента-сильфона [11].

Заключение. Как видно из приведенного в статье анализа различных вариантов применения тепловых труб, использование тепловых труб в системах охлаждения РЭА является не только перспективным, но и необходимым. Каждый из существующих типов ТТ имеет свои преимущества и недостатки, которые и определяют возможность их применения в той или иной конструкции РЭА.

Список литературы

1. Улитенко А. И. Принципы построения индивидуальных систем охлаждения электронных приборов и устройств / А. И. Улитенко, В. С. Гуров, В. А. Пушкин – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 286 с.: ил.
2. Обеспечение тепловых режимов изделий электронной техники / А. А. Чернышев, В. И. Иванов, А. И. Аксенов, Д. Н. Глушкова. – М.: Энергия, 1980 – 216 с., ил.
3. Дульнев Г. Н., Семьякин Э. М. Теплообмен в радиоэлектронных аппаратах. «Энергия», Л., 1968., 360 с., с рис.
4. УЛИТЕНКО АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ : диссертация ... доктора технических наук : 05.27.02 / УЛИТЕНКО АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ; [Место защиты: ГОУВПО "Рязанский государственный радиотехнический университет"]. – Рязань, 2010. – 359 с.: ил.
5. Делендик К. И. Системы охлаждения на основе тепловых труб / К. И. Делендик, О. Л. Войтик, Н. В. Коляго // Наука и инновации – 2017. – Vol. 1, N 10. – Pp. 27–31.
6. А. Т. Манташов Теплотехника. Учебное пособие – Пермь: «Пермская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д. Н. Прянишникова», 2009, 34 с.
7. Дан П. Д. Тепловые трубы / П. Д. Дан, Д. А. Рей; пер. с англ. Ю. А. Зейгарник. – Москва: Энергия, 1979, 271 с.: ил., табл., схем., граф.
8. Оболенский Н.В. Холодильное и вентиляционное оборудование. / Н.В. Оболенский, Е.А. Денисюк – М.: КолосС, 2006. –248 с.ил.
9. А. В. Муратов, Н. В. Ципина Способы обеспечения тепловых режимов РЭС, учебное издание – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007, 10 с.
10. Хайрнасов С. М. Обеспечение тепловых режимов – Украина, НТУУ «Киевский политехнический институт», 2015 – 33 с.
11. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. Т. IV-12 / М. Б. Генералов, В. П. Александров, В. В. Алексеев и др.; Под общ. Ред. М. Б. Генералова. – М.: Машиностроение, 2004 – 832 с.: ил.

UDC 62–713.3

APPLICATION OF HEAT PIPES FOR COOLING OF RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT

Maziuk N.V., Belonogov I. Y., Kovalevskiy M. D.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Yashchuk V. A. - master, assistant of the Department of ICSD

Annotation. The analysis of the device, development and application of various types of heat pipes is made. It has been established that the use of heat pipes is not only promising, but also a necessary way of cooling radio-electronic equipment.

Keywords: radio-electronic equipment, thermal regime, cooling, heat pipe