|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | **ЭЛЕМЕНТЫ ПЕЛЬТЬЕ**  **Эффект Пельтье и термоэлектрический модуль.** В основе работы термоэлектрического охлаждающего модуля лежит эффект, открытый французским часовщиком Жаном Пельтье, который в 1834 г. обнаружил, что при протекании постоянного электрического тока в цепи, состоящей из разнородных проводников, в местах контактов (спаях) проводников поглощается или выделяется, в зависимости от направления тока, тепло. При этом количество этой теплоты пропорционально току, проходящему через контакт проводников (Рис.1). Наиболее сильно эффект Пельтье проявляется на контактах полупроводников с различным типом проводимости (p- или n-). Объяснение эффекта Пельтье заключается во взаимодействии электронов проводимости, замедлившихся или ускорившихся в контактном потенциале p-n перехода, с тепловыми колебаниями атомов в массиве полупроводника. В результате, в зависимости от направления движения электронов и, соответственно, тока, происходит нагрев (Th) или охлаждение (Tc) участка полупроводника, непосредственно примыкающего к спаю (p-n или n-p переходу).  http://www.zip-2002.ru/jpg/image.php?id=1082 **Рис.1 Схема действия эффекта Пельтье.**  Эффект Пельтье лежит в основе работы термоэлектрического модуля (ТЭМ). Единичным элементом ТЭМ является термопара, состоящая из одного проводника (ветки) p-типа и одного проводника n-типа. При последовательном соединении нескольких таких термопар теплота (Qc), поглощаемая на контакте типа n-p, выделяется на контакте типа p-n (Qh). Термоэлектрический модуль представляет собой совокупность таких термопар, обычно соединенных между собой последовательно по току и параллельно по потоку тепла. Термопары помещаются между двух керамических пластин (Рис.2). Ветки напаиваются на медные проводящие площадки (шинки), которые крепятся к специальной теплопроводящей керамике, например, из оксида алюминия. Количество термопар может варьироваться в широких пределах - от нескольких единиц до нескольких сотен, что позволяет создавать ТЭМ с холодильной мощностью от десятых долей ватта до сотен ватт. Наибольшей термоэлектрической эффективностью среди промышленно используемых для изготовления ТЭМ материалов обладает теллурид висмута, в который для получения необходимого типа и параметров проводимости добавляют специальные присадки, например, селен и сурьму. Традиционно сторона, к которой крепятся провода, горячая и она изображается снизу.  http://www.zip-2002.ru/jpg/image.php?id=1083 http://www.zip-2002.ru/jpg/image.php?id=1084 **Рис.2 Так выглядят модули Пельтье.**  При прохождении через ТЭМ постоянного электрического тока возникает разность температур (ΔT = Th - Tc) между его сторонами: одна пластина (холодная) охлаждается, а другая (горячая) нагревается. По сути элемент Пельтье является своебразным тепловым насосом. При использовании модуля Пельтье необходимо обеспечить эффективный отвод тепла с его горячей стороны, например, с помощью воздушного радиатора или водяного теплообменника (водоблока). Здесь надо учесть, что отводить придется не только "перекачиваемую" теплоту, но и добавляемую (примерно 50%) самим модулем. Если поддерживать температуру горячей стороны модуля на уровне температуры окружающей среды, то на холодной стороне можно получить температуру, которая будет на десятки градусов ниже. В ТЭМ разность температур может достигать 74 град на одном каскаде. Модуль является обратимым, т.е. при смене полярности постоянного тока горячая и холодная пластины меняются местами. Можно использовать модуль в режиме термоциклирования: чередовать режим охлаждения с режимом нагрева с помощью переключателя. Как уже отмечалось, степень охлаждения пропорциональна величине тока, проходящего через ТЭМ, что позволяет при необходимости плавно регулировать температуру охлаждаемого объекта, причем с высокой точностью. **ΔTmax (град)** - это максимальная разность температур между сторонами модуля, достигаемая при идеализированных условиях: при температуре горячего спая Th, поддерживаемой равной 27 град С (ученые выбрали это значение температуры потому, что в градусах по шкале Кельвина - это круглая цифра в 300 град), и при нулевой холодопроизводительности (холодильной мощности) (Qc=0), т.е., якобы, на холодную сторону модуля не поступает никакого тепла (глубокий вакуум, что-ли). Значение ΔTmax для однокаскадного модуля зависит только от эффективности термоэлектрического вещества. Например, максимальная разность температур для отдельных экспериментальных образцов достигает 76 град. Для многокаскадных модулей значение ΔTmax зависит не только от эффективности вещества, но и от числа каскадов охлаждения и конфигурации модулей. Максимальная разность температур для двухкаскадных модулей повышенной мощности составляет 83-87 град, а для четырехкаскадных модулей достигает 140 град. Но здесь многокаскадные модули не рассматриваются. **Qmax (Вт)** - холодопроизводительность при токе I=Imax и разности температур ΔT = Th - Tc = 0, т.е. считаем, что вся теплота, поступающая на холодную сторону модуля мгновенно и без потерь перекачивается на горячую, причем температура горячей стороны Тh поддерживается равной 27 град С. Величина Qmax традиционно определяется как максимальная, но важно отметить, что на самом деле эта холодильная мощность не является максимальной. Дело в том, что величина Qmax определяется при токе Imax, который является оптимальным для максимальной, а не для нулевой разности температур. При токе несколько большем Imax и при сохранении нулевой разности температур возможно получение холодопроизводительности, большей Qmax примерно на 6 %. **Umax (В)** - это напряжение, соответствующее току Imax и разности температур ΔTmax **Imax (А)** - это ток, при котором достигается разность температур ΔTmax. **Что такое СOP?**COP (Сoefficient Of Рerformance) - это отношение холодильной мощности модуля к электрической, потребляемой модулем, и характеризует экономичность протекающих процессов, т.е. своебразный аналог К.П.Д. При заданном значении тока COP практически линейно зависит от разности температур и при более меньших разностях температур он выше. Для термоэлектрических устройств COP в среднем составляет 0.3-0.5, что ниже значений холодильного коэффициента компрессионных машин. Несмотря на отставание по холодильному коэффициенту, во многих случаях применение термоэлектрических модулей является более выгодным, а в ряде случаев и единственно возможным. Более того, теоретически при нулевой разности температур и при малых токах холодильный коэффициент в пределе стремится к бесконечности! На практике это означает, что, если необходимо иметь повышенную экономичность устройства, то предпочтительней использовать большее количество модулей и питать их меньшим напряжением (током). **Какой источник питания необходимо использовать для модулей?** Для работы модуля необходимо, чтобы через него протекал постоянный ток. Пульсации постоянного тока не должны превышать 5 %. Если уровень пульсаций будет выше, модуль, конечно, не "умрет", но его параметры будут хуже. Постоянный ток может быть создан как источником тока, так и источником напряжения, но последние используются более широко. Источник тока стремится поддерживать постоянство заданной силы тока, источник напряжения- соответственно напряжения. Подаваемое на модуль напряжение должно выбираться исходя из максимального напряжения модуля Umax и выбранного режима работы (максимальной холодильной мощности или максимального холодильного коэффициента). Максимальный ток (мощность) источника должен выбираться исходя из величины напряжения и сопротивления модуля переменному току. Следует отметить, что рабочая величина тока в стационарном режиме может быть меньше своего первоначального значения примерно на 20-35 %, поскольку благодаря эффекту Зеебека величина тока зависит от разности температур. **Какое напряжение следует подавать на термоэлектрический модуль?** Подаваемое на модуль напряжение определяется количеством пар ветвей в модуле. Наиболее распространенными являются 127-парные модули, величина максимального напряжения для которых составляет примерно 16 В. На эти модули обычно подается напряжение питания 12 В, т. е. примерно 75 % от величины Umax. Такой выбор напряжения питания в большинстве случаев является оптимальным и позволяет обеспечить, с одной стороны, достаточную мощность охлаждения, а с другой стороны, достаточную экономичность (холодильный коэффициент). При повышении напряжения питания более 12 В увеличение холодильной мощности будет слабым, а потребляемая мощность будет резко увеличиваться. При понижении напряжения питания экономичность будет расти, холодильная мощность будет уменьшаться, но линейно, что очень удобно для организации плавного регулирования температуры. Для модулей с числом пар ветвей отличным от 127, напряжение можно выбирать по тому же принципу, - чтобы оно составляло 75 % от Umax, но при этом необходимо учитывать особенности конкретного устройства, прежде всего, условия теплоотвода с горячей стороны, и возможности источников питания.  http://www.zip-2002.ru/jpg/image.php?id=1085 **Рис. 4 Сборка: процессор, Пельтье, кулер.**  Принципиальная возможность применения элементов Пельтье для охлаждения мощных компонентов электроники известна довольно давно. С ростом единичной мощности электронных компонентов в последние годы и, следовательно, увеличением количества выделяющегося тепла задача охлаждения, например, процессоров в компьютерах (Рис. 4), приобретает все возрастающее значение. Кулеры рассчитаны на “спокойную” штатную работу процессоров. Однако все большее количество граждан хотят “разогнать” свое “железо” и тут без элементов Пельтье во многих случаях не обойтись. В последнее время многие все чаще посматривают и в сторону жидкостного (водяного) охлаждения. Но и здесь термоэлектрические модули могут существенно помочь **“overclockers”**. Ни один, даже самый навороченный кулер, даже с помощью "водянки" в принципе не приблизит температуру на процессоре к температуре окружающей среды.  Наиболее “ходовые” типы модулей Пельтье - это стандартные однокаскадные модули максимальной мощностью до 65 Вт (12 В) и 172 Вт (24 В). Обозначения модулей в скобках расшифровываются следующим способом: первое число-это количество термопар в модуле; второе- это ширина сторон ветки в мм; третье-это высота ветки в мм. Например, ТВ-127-1,4-1,5. Имеется ввиду модуль, который состоит из 127 пар термоэлектрических веток, размеры которых 1,4х1,4х1,5 мм. Размеры модулей 40х40 мм, толщина около 4 мм. Т.к. тепловыделение процессоров стремительно растет (AMD), более высоким спросом будут пользоваться модули 48х48 мм. Модули загерметизированы, поверхность керамики зашлифована до 25 микрон, однако применение термопасты обязательно. Припаяны черный (-) и красный (+) провода. Если “минус” держать в левой руке, а “плюс” в правой проводами к себе, то сверху будет холодная сторона, а снизу- горячая.   |  | | --- | |  | | |  | |
|  |