



ОТКРЫТАЯ НАУКА
издательство

Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 621.38

ЭФФЕКТ ПЕЛЬТЬЕ. ЭЛЕМЕНТ ПЕЛЬТЬЕ. ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ В СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

¹Шинкарев В. В., ²Дубовсков К. Ю., ³Кошкин Ф.В., ⁴Селезнёв И. В., ⁵Карагодин Н. В., ⁶Юлусов К. С.

Оренбургский Государственный Университет, Оренбург, Российская Федерация (460005 г.Оренбург, ул. Шевченко, 28), e-mail: ¹maildlyvsego56@mail.ru, ²kdubovskov@mail.ru, ³fedor.koschkin@yandex.ru, ⁴vanya_seleznev_2018@mail.ru, ⁵karagodin19062002@gmail.com, ⁶Kirill.yulusov@gmail.com

В данной статье рассмотрено явление эффекта Пельтье, а также принцип работы элементов Пельтье. Целью статьи является изучение элементов Пельтье, анализ сфер применения в современной жизни, а также выявление достоинств и недостатков этих элементов. В ходе работы собрана основная информация по принципу действия элементов Пельтье, приведена историческая справка. Проанализировали положительные и отрицательные аспекты применения термоэлектрических охладителей в электронике. Изучили сферы применения элементов Пельтье на сегодняшний день. Сделали заключение по проделанной работе над научной статьёй.

Ключевые слова: эффект Пельтье, элемент Пельтье, термоэлектрический охладитель, нагрев, охлаждение

PELTIER EFFECT. THE PELTIER ELEMENT. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES. APPLICATION OF PELTIER ELEMENTS IN MODERN ELECTRONICS

Shinkarev V.V., Dubovskov K.Yu., Koshkin F.V., Seleznev I. V., Karagodin N.V., Yulusov K.S.
Orenburg State University, Orenburg, Russia (460005 Orenburg, Shevchenko str, 28), e-mail: ¹maildlyvsego56@mail.ru, ²kdubovskov@mail.ru, ³fedor.koschkin@yandex.ru, ⁴vanya_seleznev_2018@mail.ru, ⁵karagodin19062002@gmail.com, ⁶Kirill.yulusov@gmail.com

This article discusses the phenomenon of the Peltier effect, as well as the principle of operation of Peltier elements. The purpose of the article is to study the elements of Peltier, to analyze the fields of application in modern life, as well as to identify the advantages and disadvantages of these elements. In the course of the work, basic information was collected on the principle of the Peltier elements, and a historical reference was given. The positive and negative aspects of the use of thermoelectric coolers in electronics were analyzed. We have studied the scope of application of Peltier elements to date. We made a conclusion on the work done on the scientific article.

Keywords: Peltier effect, Peltier element, thermoelectric cooler, heating, cooling.

История открытия эффекта Пельтье

В 1834 году французский учёный Жан-Шарль Пельтье проводил эксперимент. Суть исследования заключалось в том, что он соединил пластину, сделанную из висмута, с медными проводами, а затем пропустил электрический ток. В результате эксперимента он обнаружил

интересное свойство: соединение висмут-медь нагревается, то есть имеет положительную температуру, а другое охлаждается, то есть имеет отрицательную температуру.

В 1838 году более подробно физический процесс удалось описать русскому физику Э.Х. Ленцу. Он провёл собственный эксперимент, в ходе которого смог доказать явление эффекта Пельтье. Взяв два стержня из разного материала (висмута и сурьмы), Ленц поместил каплю воды в углубление на стыке этих стержней [6, с.14]. Затем он пропустил электрический ток в 100 А в одном направлении и обнаружил, что вода начала застывать и превратилась в лёд. После этого Ленц поменял направление тока и обнаружил, что лёд начал таять. Данный эксперимент позволил установить, что от направления тока, протекающего в элементе Пельтье, помимо тепла от нагрева самого элемента выделяется или поглощается дополнительное тепло, которое получило название «тепла» Пельтье. По своим свойствам можно сделать вывод: эффект Пельтье является обратным эффекту Зеебека.

Возникновение эффекта Пельтье

Разность потенциалов возникает в месте соединения двух различных веществ при прохождении электрического тока. Разность потенциалов создаёт внутреннее контактное поле. Если направление тока противоположно направлению контактного поля, то происходит нагрев контактов, так как внешний источник затрачивает дополнительную энергию. Если направление тока совпадает с направлением контактного поля, то в этом случае место соединения контактов охлаждается.

Эффект Пельтье[3] — термоэлектрическое явление, при котором при прохождении электрического тока происходит перенос энергии в месте соединения (контакта или спайки) двух различных проводников (рисунок 1). Эффект Пельтье чаще всего применяется в полупроводниках. За счёт свойств, которые возникают при явлении тепла Пельтье, создаются элементы Пельтье.

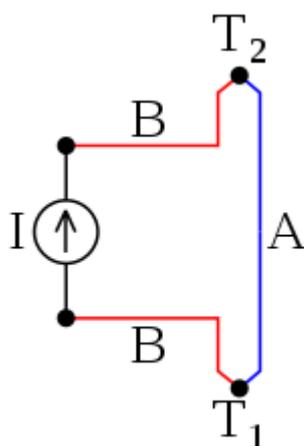


Рисунок 1 – Схема эффекта Пельтье

Элемент Пельтье[4] — это термоэлектрический преобразователь, в котором при протекании электрического тока возникает разность температур на противоположных пластинах элемента. При пропускании тока тепло переносится с одной стороны на другую. Элементы Пельтье обозначаются сокращённо маркировкой «ТЕС» (от англ. Thermoelectric Cooler – термоэлектрический охладитель).

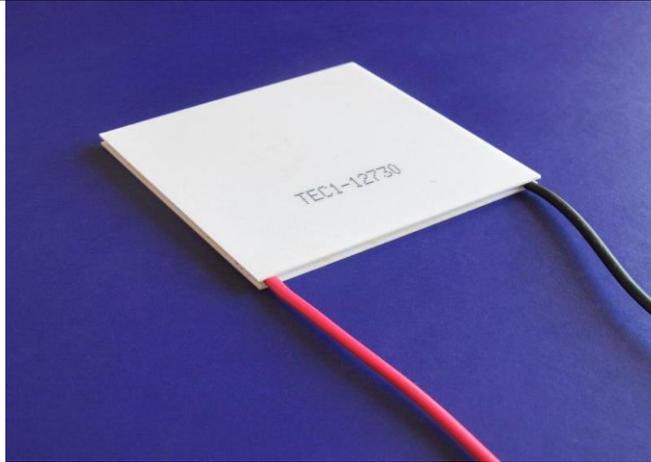


Рисунок 2 - Внешний вид элемента Пельтье

Величина перемещённой энергии и направление её переноса зависят от вида контактирующих веществ и от направления и силы протекающего электрического тока:

$$Q = \Pi_{AB}It = (\Pi_B - \Pi_A)It \quad (1)$$

где Q — количество выделенного или поглощённого тепла;

I — сила тока;

t — время протекания тока;

Π — коэффициент Пельтье, который связан с коэффициентом термо-ЭДС α вторым соотношением Томсона $\Pi = \alpha T$, где T — абсолютная температура в °К [1, с.140].

Принцип действия

В качестве проводников в элементах Пельтье используются полупроводниковые материалы. Между ними находится зона проводимости с электронами с разными энергетическими уровнями. При прохождении электрического тока электрон приобретает энергию и затем переходит в зону проводимости выше другого полупроводника. При поглощении энергии место контакта охлаждается. Если изменить направление тока, то место контакта будет нагреваться, а также сам элемент будет нагреваться (рисунок 3 [5, с.10]).

Металлические проводники не эффективно использовать в качестве элементов Пельтье, так как эффект Пельтье будет минимальным из-за нагрева и явлений теплопроводности. На практике чаще всего применяют контакт двух полупроводниковых материалов.

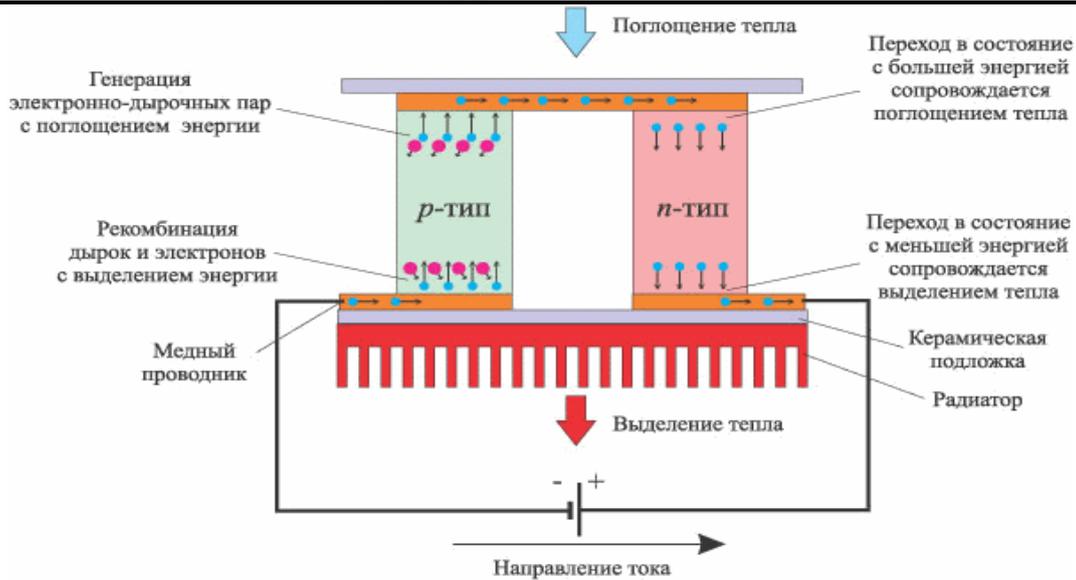


Рисунок 3 – Принцип работы элемента Пельтье

Элемент Пельтье состоит из одной или более пар небольших полупроводниковых параллелепипедов – одного n-типа и одного p-типа в паре (обычно теллурида висмута Bi_2Te_3 и твёрдого раствора SiGe), которые попарно соединены при помощи металлических перемычек. Данные металлические перемычки служат термическими контактами между полупроводниками. Перемычки изолированы непроводящей плёнкой или керамической пластинкой. Пары параллелепипедов соединяют последовательно, и в результате получается последовательное соединение многих пар полупроводников с разным типом проводимости. При этом соблюдается условие: сверху находятся соединения последовательности (n->p), а снизу - противоположные (p->n). Электрический ток протекает последовательно через все параллелепипеды. От направления электрического тока зависит либо охлаждение верхних контактов, при этом происходит нагрев нижних контактов, либо нагрев верхних контактов и охлаждение нижних (рисунок 4 [8]). Таким образом электрический ток переносит тепло с одной стороны элемента Пельтье на противоположную и создаёт разность температур.



Рисунок 4 – Элемент Пельтье в разрезе

При работе элемент Пельтье начинает нагреваться из-за проходящего по нему тока. Чтобы устройство не вышло из строя, его необходимо охлаждать. Охлаждение элемента Пельтье происходит следующим образом: на нагревающую сторону устанавливается радиатор

или вентилятор. В результате температура холодной стороны становится ниже. Разность температур может достигать 70°C.

Достоинства и недостатки отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки элементов Пельтье

Достоинства	Недостатки
1. Компактность и относительно небольшие размеры позволяет монтировать элементы Пельтье на различные платы с электронными компонентами	1. Низкий КПД по сравнению с компрессорными холодильными установками, работающими на фреоне
2. Отсутствие подвижных частей, газов и жидкостей	2. Большая потребляемая мощность для достижения разности температур
3. В зависимости от направления тока возможно охлаждение или нагревание (термостатирование)	3. В элементах Пельтье с высоким КПД свободные электроны в веществе являются носителями как электрического тока, так и выделяемого тепла
4. Отсутствие шума при работе элементов Пельтье	4. Не работает при отсутствии постоянного источника питания
5. Широко применяются в технике и различных устройствах, так как благодаря им есть возможность получить температуры ниже 0°C	5. При большом тепловом потоке элемент Пельтье не успевает самоохладиться и может выйти из строя из-за перегрева

Материал, из которого будет сделан элемент Пельтье, имеет важное значение, так как от этого фактора зависит эффективность элементов. Высокие показатели эффективности достигаются, если материал обладает двумя взаимоисключающими свойствами — хорошая проводимость электрического тока, и плохая теплопроводность.

Для повышения эффективной работы элементов Пельтье необходимо стабилизировать температуру. Для этого используют импульсные источники питания. Однако следует сглаживать токовые пульсации в результате чего повышается эффективность работы элемента Пельтье, а также продлевается срок службы. Неэффективной работа элемента Пельтье становится при стабилизации температуры с использованием широтно-импульсной модуляции тока.

Применение

Свойство эффекта Пельтье широко используется в микросхемах для охлаждения процессоров. По сути любое устройство, содержащее в себе процессор, охлаждается не только воздухом, но и за счёт элемента Пельтье. К примеру, такой тип охлаждения применяется в компьютерах. На процессор устанавливают элемент Пельтье «холодной» стороной (рисунок 5), а «горячая» сторона охлаждается за счёт воздуха или кулера [9].

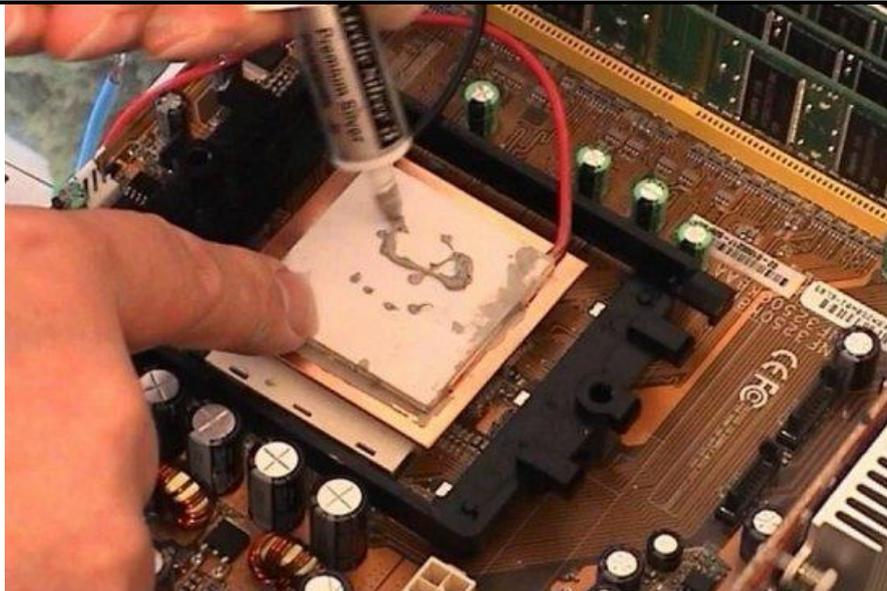


Рисунок 5 – Охлаждение процессора компьютера за счёт элемента Пельтье

В медицине элементам Пельтье также нашли применение. Сегодня они используются в амплификаторе (рисунок 6) – устройстве, обеспечивающим периодический нагрев или охлаждение пробирок.



Рисунок 6 – Амплификатор (термоциклер, ПЦР-машина)

В быту элементы Пельтье применяются в устройствах, в которых охлаждение происходит на минимальную разницу температуры. В такой технике энергетическая эффективность охладителя имеет маленький КПД. К примеру, это могут быть: автомобильные мини-холодильники, охлаждаемые банкетные тележки, применяемые в ресторанах и кафе. Кроме того, элементы Пельтье применяются для охлаждения устройств с зарядовой связью в цифровых фотокамерах. За счёт этого достигается заметное уменьшение теплового шума при длительных экспозициях (астрофотография).

В военной отрасли применяются многоступенчатые элементы Пельтье, которые предназначены для охлаждения приёмников излучения в инфракрасных сенсорах (в ракетах ЗРК, ПЗРК "Джавелин", "Стингер" и другие). Ещё одно применение элементов Пельтье – это

Эффект Пельтье. Элемент Пельтье. Достоинства и недостатки. Применение элементов Пельтье в современной электронике / Шинкарев В.В. [и др.] // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2022. – Т. 7 № 4(26) часть 1 с. 89–96

охлаждение и термостатирование диодных лазеров с тем, чтобы стабилизировать температуру излучателя, а также длину волны излучения.

Однако элементы Пельтье не являются основным источником для охлаждения электронных компонентов. Зачастую они используются как вторая или третья ступень охлаждения. Это позволяет достичь температур на 30—40 градусов ниже, чем с помощью обычных компрессионных охладителей (до $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ для одностадийных холодильников и до $-120\text{ }^{\circ}\text{C}$ для двухстадийных). Также элементы Пельтье получили применение в устройствах охлаждения электротехнических шкафов и другого оборудования, работающего на постоянном токе.

«Электрогенератор Пельтье» [2] (более корректно было бы «генератор Зеебека», но неточное название устоялось, рисунок 7) — модуль для генерации электричества, термоэлектрический генераторный модуль, аббревиатура GM, TGM. Данный термогенератор состоит из двух основных частей:

- преобразователь температуры в электричество;
- источник тепловой энергии для нагрева преобразователя.

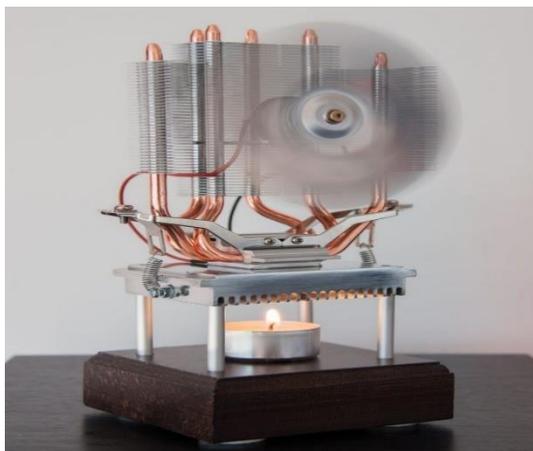


Рисунок 7 – Термоэлектрический генератор на элементах Пельтье

Заключение

В эпоху микропроцессорной электроники элементы Пельтье нашли своё применение. На сегодняшний день без них не обходится ни один процессор компьютера, так как для их нормальной работы необходим постоянный отвод тепла. В виду того, что современная техника и электроника стремится к компактности, то есть уменьшению размеров электронных компонентов, то для них в любом случае необходимо охлаждение, которое возможно благодаря элементам Пельтье. Несмотря на то, что эффект Пельтье был открыт ещё в 19 веке, широкое применение ему нашли относительно недавно. В будущем потребность в оснащении приборов элементами Пельтье будет только возрастать, что указывает на их значимость в электронике.

Список литературы

1. Физика твердого тела Учеб. пос. / А. А. Василевский – М.: Дрофа, 2010. – 206 с;

Эффект Пельтье. Элемент Пельтье. Достоинства и недостатки. Применение элементов Пельтье в современной электронике / Шинкарев В.В. [и др.] // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2022. – Т. 7 № 4(26) часть 1 с. 89–96

2. Термоэлектрический генератор своими руками [Электронный ресурс] - <https://uk-parkovaya.ru/smarthouse/equipment/termoelektriceskij-generator-svoimi-rukami-video-foto-instrukcia.html>;
3. Эффект Пельтье [Электронный ресурс] - https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Пельтье;
4. Элемент Пельтье [Электронный ресурс] –https://ru.wikipedia.org/wiki/Элемент_Пельтье;
5. Булат Л.П., Бузин Е.В. Термоэлектрические охлаждающие устройства: Метод. указания для студентов спец. 070200 “Техника и физика низких температур”. – СПб.: СПбГУНИПТ, 2001. – 41 с;
6. Булат Л. П., Ведерников М. В., Вялов А. П. и др. Термоэлектрическое охлаждение. Текст лекций под общей ред. Л. П. Булата. СПб.: СПбГУНИПТ, 2002;
7. Иоффе А. Ф., Стильбанс Л. С., Иорданишвили Е. К., Ставицкая Т. С. Термоэлектрическое охлаждение. М.: АН СССР, 1956;
8. Иорданишвили Е. К. Термоэлектрические источники питания. М.: Советское радио, 1968;
9. Системы охлаждения компьютеров [Электронный ресурс] - <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/2227-sistemy-ohlazhdeniya-kompyutera.html>.

References

1. Solid State Physics Proc. settlement / A. A. Vasilevsky - М.: Bustard, 2010. - 206 p.;
 2. Do-it-yourself thermoelectric generator [Electronic resource] - <https://uk-parkovaya.ru/smarthouse/equipment/termoelektriceskij-generator-svoimi-rukami-video-foto-instrukcia.html>;
 3. Peltier effect [Electronic resource] - https://ru.wikipedia.org/wiki/Peltier_effect;
 4. Peltier element [Electronic resource] – https://ru.wikipedia.org/wiki/Peltier_element;
 5. Bulat L.P., Buzin E.V. Thermoelectric Cooling Devices: Method. instructions for students spec. 070200 “Technique and physics of low temperatures”. □ St. Petersburg: SPbGUNIPT, 2001. □ 41 p.;
 6. Bulat L.P., Vedernikov M.V., Vyalov A.P. et al. Thermoelectric cooling. The text of the lectures under the general editorship. L. P. Bulat. St. Petersburg: SPbGUNIPT, 2002;
 7. Ioffe A. F., Stilbans L. S., Iordanishvili E. K., Stavitskaya T. S. Thermoelectric cooling. М.: АН СССР, 1956;
 8. Iordanishvili E.K. Thermoelectric power sources. М.: Soviet radio, 1968;
 9. Computer cooling systems [Electronic resource] - <http://electricalschool.info/spravochnik/poleznoe/2227-sistemy-ohlazhdeniya-kompyutera.html>.
-