

УДК 53.072.001.57

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТОВ ЗЕЕБЕКА И ПЕЛЬТЬЕ (лабораторный макет)

Короленко М. И.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
филиал «Минский радиотехнический колледж», г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Кусенок Е. Н. – преподаватель высшей категории дисциплин
общепрофессионального и специального циклов, председатель ЦК «Микро- и нанoeлектроника»

Аннотация. На современном этапе развития уже много лет применяются полупроводниковые элементы, основанные на эффекте Пельтье. Для активного охлаждения бытовой электрической техники, разрабатываются перспективные методы получения электроэнергии на основе эффекта Зеебека, обратного эффекта Пельтье. Для более полного понимания данных эффектов разработан лабораторный макет.

Ключевые слова: эффект Зеебека, эффект Пельтье, модуль Пельтье, термоЭДС, термоэлектрическая способность пары, разность температур.

Ещё в 1822 г. немецкий учёный Томас Иоганн Зеебек открыл явление, при котором элемент, состоящий двух *p*- и *n*-полупроводников, при одновременном нагревании одного полупроводника и охлаждении другого полупроводника возникает термоэлектродвижущая сила. Такой элемент называют термопара.

В настоящее время данное явление известно как эффект Зеебека. Характеризующими параметрами данного эффекта являются:

- разность температур охлаждающей и нагревающих сторон;
- термоэлектрическая способность термопары (удельная термоЭДС);
- материал, из которого сделана термопара.

Так как концентрация электронов в металле велика и не зависит от температуры, то при нагревании распределение их по энергиям теплового движения изменяется незначительно, т. е. значения термоЭДС металлов очень малы (мкВ/град). Поэтому лучшим решением будет использование в качестве материала полупроводники, в которых концентрация электронов зависит от температуры происходит распределение их по энергиям теплового движения, а значения термоЭДС полупроводников на порядок выше, чем у металлов.

Важным параметром является разность температур. Из-за возрастания разности температур происходит диффузия электронов, тем самым электроны быстрее перемещаются из горячей зоны к холодной (рисунок 1). Как описывалось раньше, электроны в горячей зоне приобретают более высокие энергии и скорости чем на холодной зоне термопары. Тем самым возрастает термоэлектрическая способность термопары: при увеличении разности температур растёт значение термоЭДС. Данная зависимость устанавливается следующей формулой:

$$E = \int_{T_1}^{T_2} \alpha_{12}(T) dT.$$

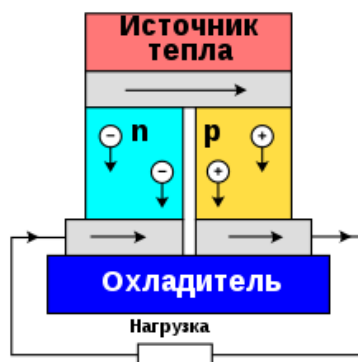


Рисунок 1 – Иллюстрирование эффекта Зеебека

Если же разность температур невелика, то термоЭДС считать пропорциональной разности температур:

$$E = \alpha_{12}(T_2 - T_1),$$

где для вышеуказанных формул:

- E – термоЭДС;
- T_1 – температура охлаждаемой стороны;
- T_2 – температура нагреваемой стороны;
- α_{12} – термоэлектрическая способность пары.

Наиболее подходящим устройством, которое могло бы вырабатывать электрический ток с высоким КПД, может быть модуль (или элемент) Пельтье, в честь французского учёного Жана Шарля Пельтье, который открыл эффект Пельтье – обратный эффект Зеебека. Данное устройство представляет собой множество термопар в виде параллелепипеда, соединённых металлическими перемычками, так что они образуют последовательное соединение, так чтобы на одной стороне были одни типы последовательностей ($n \rightarrow p$), а на другой противоположные ($p \rightarrow n$), как показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Принцип работы модуля Пельтье

Описание конструкции и принципа работы лабораторного макета. В конструкцию макета входят следующие компоненты: четыре элемента Пельтье TEC1-12705, два пассивных радиатора, кулер, нихромовая проволока, светодиод, выводы для подачи питания, термометр и корпус макета.

Кулер, нихромовая проволока и два элемента Пельтье подключаются параллельно, как показано на рисунке 3. Элементы Пельтье рассчитаны на максимальный ток 5 ампер и 12 вольт напряжения каждый, и кулер рассчитан на 12 вольт и 0.14 ампер. Опытным путём было определено, что такая схема работает в пределах 12–27 вольт напряжения и 5 ампер силы тока. При этом нихромовая проволока держит температуру в пределах 80 градусов по Цельсию, кулер эффективно охлаждает нагревающиеся пассивные радиаторы, не нагружаясь. Модули Пельтье работают на эффекте Пельтье и держат температуру охлаждающейся стороны в пределах 0 градусов по Цельсию, которая будет отображаться на термометре (рисунок 5), измеряющий щуп которого будет находиться между элементами Пельтье, один из которых будет работать на эффекте Пельтье, а другой – на эффекте Зеебека. Все 4 элемента Пельтье расположены на двух радиаторах на термопасте для более эффективного охлаждения и нагревания.

При активном нагревании одной стороны и охлаждении другой остальные два модуля Пельтье работают на эффекте Зеебека и вырабатывают термоЭДС. По истечению некоторого

времени на схеме, представленной на рисунке 4, загорается светодиод, рассчитанный на 1,2 вольт и 60 миллиампер. Если отключить питание, подаваемое на схему, показанную на рисунке 3, то ещё некоторое время светодиод будет гореть.

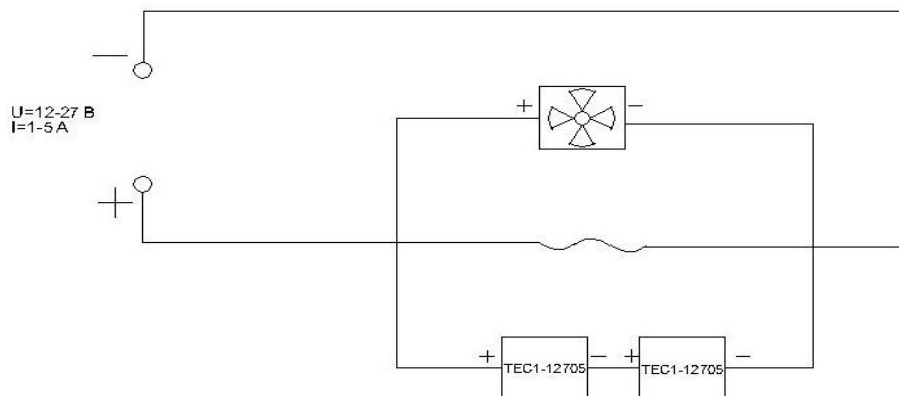


Рисунок 3 – Элементы макета, работающие от нагрузки

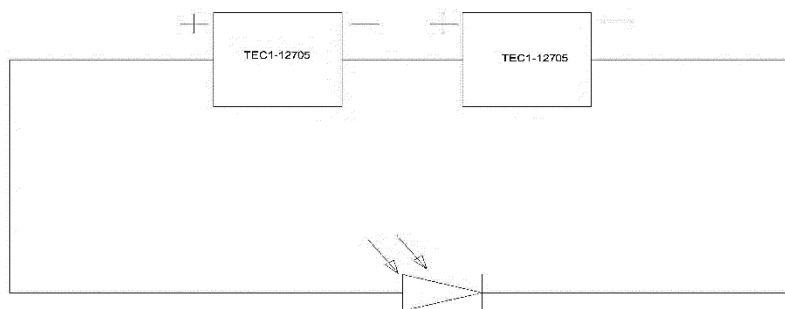


Рисунок 4 – электрическая схема, реализующая эффект Зеебека



Рисунок 5 – Готовый лабораторный макет

Работа лабораторного макета, отражает суть эффектов Пельтье и Зеебека. В ходе работы температура нихромовой проволоки не превышает температуру 100 градусов по Цельсию, тем самым вероятность появления трещин в керамическом покрытии модулей Пельтье маловероятна. Радиаторы забирают лишнее тепло, и кулер выводит горячий воздух из корпуса. Тем самым модули Пельтье работают эффективнее. Конструкция надёжная: компоненты

держатся крепко, ничего не трясётся; провода изолированы, проволока намотана так, чтобы не произошло короткого замыкания. ТермоЭДС вырабатывается в пределах 1,5 вольт, что достаточно для горения светодиода.

Список литературы

1. Окунь Л. Б. Масса // Физическая энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1992. — Т. 3 — 672 с.;
2. Яворски Б., Детлаф А. Памятная записка о физическом состоянии. Москва: ЕМ. 1986 год.