Департамент образования города Москвы
Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
города Москвы
«Гимназия № 1505 «Московская городская педагогическая
гимназия-лаборатория»»

ДИПЛОМНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

на тему:

Кондиционер на базе элемента Пельтье

Выполнил:
Чусовитин Николай Викторович, 10 “А”
Руководитель
Наумов Алексей Леонидович, учитель
подпись_____
Рецензент:
Ветюков Дмитрий Алексеевич
подпись_____

Москва
2017/2018 уч.г.

Введение **2**

Глава 1. Термоэлектричество **3**

1.1 Уровни энергии 3

1.2 Перемещение электронов между энергетическими уровнями 3

1.3 Уровень Ферми 4

1.4 Термоэлектрические эффекты 5

1.4.1 Эффект Зеебека 5

1.4.2 Эффект Пельтье 6

1.4.3 Эффект Кельвина-Томсона 6

Глава 2. Кондиционер на базе элемента Пельтье **8**

2.1. Актуальность, цель, задачи 8

2.2. Требования к продукту 8

2.3. Принцип работы устройства 9

2.4. Итоговый продукт 10

Заключение **12**

Список литературы **13**

Введение

Сейчас очень популярна и актуальна тема нетрадиционной и возобновляемой энергетики. Среди различных материалов, используемых в этих сферах, можно встретить такое понятие как “термоэлектрические материалы”.

Понятие “термоэлектричество” включает в себя ряд явлений, при которых теплота преобразуется в электричество и наоборот. К таким явлениям относятся эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.

Цель моего диплома – создание небольшого кондиционера. В его основе будет лежать элемент Пельтье (термо-электрический преобразователь). Для охлаждения будет использоваться непосредственно эффект пельтье.

Сначала я планирую изучить сами термоэлектрические явления. Затем я посмотрю на практическое применение этих явлений. Так я буду иметь теоретическое общее представление о термоэлектричестве. Следующей моей задачей будет создание устройства, как частный случай применения термоэлектрических материалов. Собрав его, я изучу его характеристики в ряде экспериментов.

Мой диплом будет делиться на две части: теоретическую и практическую. В первой части я планирую рассказать о термоэлектрических явлениях, о том, как они применяются на практике. Вторая часть будет посвящена работе над устройством и его тестированием.

Глава 1. Термоэлектричество

1.1 Уровни энергии

Атомы состоят из положительно заряженного ядра и отрицательных электронов, вращающихся вокруг него. Из квантовой физики известно, что электроны, вращающиеся вокруг ядра, могут находиться на различных уровнях энергии.

Уровни энергии электрона точно определены, и электрон может иметь только количество энергии, точно соответствующее данным уровням. То есть, если у атома 2 уровня энергии, электрон находится либо на первом, либо на втором, он не может иметь другое количество энергии.

Каждому электронному уровню соответствует несколько орбиталей, на которых располагаются электроны. Количество этих орбиталей ограничено. Согласно принципу Паули на одной орбитали может находится не более двух электронов, поэтому и количество электронов на одном энергетическом уровне не может превысить максимально допустимое.

1.2 Перемещение электронов между энергетическими уровнями

Электроны способны перескакивать с одного уровня энергии на другой. Для этого необходимо сообщить частице количество энергии, равное разнице между следующим и текущим уровнями энергии. После получения этого заряда электрон перескочит на следующий уровень. Но через какое-то время электрон упадёт обратно, выпустив энергию,

полученную им, в виде фотона. Электроны стремятся занять самые низкие свободные уровни энергии.

1.3 Уровень Ферми

При взаимодействии атомов в веществе их энергетические уровни смещаются и образуют электрические зоны. Электроны, находящиеся на наиболее низких энергетических уровнях слабо взаимодействуют с другими атомами вещества. Эту энергетическую зону называют внутренней. Электроны, находящиеся на наиболее высоких уровнях, называются свободными электронами. Они взаимодействуют с другими атомами и могут перемещаться по кристаллической решётке вещества, то есть являются носителями заряда. Эта энергетическая зона называется зоной проводимости. Между зоной проводимости и внутренней зоной находится так называемая запрещённая зона, равная количеству энергии, которое нужно передать электрону для перехода из одной зону в другую. Электрон не может долго находится в ней, потому что если он получит энергию, недостаточную для перехода в зону проводимости, он вскоре упадёт обратно во внутреннюю зону.

Вероятность нахождения электрона на данном энергетическом уровне при данной температуре определяется функцией Ферми-Дирака. При возрастании температуры электроны занимают более высокий уровни. Уровень Ферми – энергетический уровень, находящийся в запрещённой зоне, вероятность заполнения которого равна 0,5. При T = 0K вероятность нахождения электронов выше уровня Ферми равна 0, ниже – 1. Энергия Ферми – количество энергии, необходимое для перехода из внутренней зоны на уровень Ферми.

Из функции видно, что при повышении температуры количество электронов в зоне проводимости возрастает.

1.4 Термоэлектрические эффекты

Термоэлектрические эффекты демонстрируют связь между разностью температур и электрическим потенциалом. К этим явлениям относятся эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.

1.4.1 Эффект Зеебека

Если спаи двух различных проводников (далее термопара) имеют различные температуры, возникает термоэлектродвижущая сила (далее ТЭДС). Электрический ток в такой цепи направлен от горячего контакта к холодному.

При соприкосновении двух металлов А и В с разным уровнем Ферми возникает контактная разность потенциалов. Если уровень Ферми в металле В больше, чем в А, то электроны с более высоких уровней В будут перескакивать на более низкие свободные энергетические уровни металла А. В итоге уровень Ферми выравняется (у электронов будет одинаковый максимальный энергетический уровень). Но так как электроны перемещаются из металла В в А, то контакт В будет заряжен положительно, а А – отрицательно. Возникнет разница потенциалов.

Но если оба контакта будут находиться при одинаковой температуре, их ТЭДС из этих контактов будут направлены в противоположные стороны, и электроны не будут двигаться. Но если один из контактов будет нагрет, его электроны будут располагаться на более

высоких уровнях, что позволит им перемещаться к более низким уровням второго контакта.

Таким образом ТЭДС, возникающая в термопаре, зависит от разницы температур и природы металлов. Она увеличивается с ростом температуры “горячего” контакта, пока не достигнет максимума, а потом начинает уменьшаться. Наибольшая ТЭДС возникает при использовании полупроводников.

1.4.2 Эффект Пельтье

Явление, обратное эффекту Зеебека. Если через термопару пропустить электрический ток, то один из контактов начинает выделять тепло, а другой – поглощать.

1.4.3 Эффект Кельвина-Томсона

Если металлический стержень нагревать в одной точке, одновременно пропуская через него электрический ток, то на концах, равноудалённых от точки нагрева, возникает разность температур.

1.5 Применение

Термоэлектрические устройства используются достаточно редко из-за низкой эффективности. Тем не менее, в некоторых сферах они незаменимы. Основными преимуществами термоэлектрических элементов является прямое преобразование количества теплоты в электрический ток и наоборот, без использования каких-либо движущихся частей. Также термоэлектрические элементы бесшумны и безопасны для окружающей среды.

Одним из примеров практического применения эффекта Зеебека является термоэлектрический термометр. “Холодный” контакт такого устройства находится при постоянной температуре, а “горячий” нагревается. По возникающей ТЭДС можно определить разницу температур между контактами, так как они прямо пропорциональны. Такие термометры могут измерить температуру не больше, чем при максимальной ТЭДС такой термопары.

Эффект Зеебека нашёл активное применение в сфере беспилотных космических полётов. Многие космические аппараты требуют постоянной энергии на протяжении длительного времени, а обслужить их невозможно. В таких аппаратах используются РИТЭГи (радиоизотопный термоэлектрический генератор). Он преобразует тепло, выделяемое при распаде радиоактивных изотопов, в электроэнергию. Такие генераторы имеют невысокий КПД, но длительность их использования очень велика.

Наконец, возможно использование эффекта Зеебека для уменьшения загрязнения окружающей среды. В автомобилях, на различных предприятиях и электростанциях в атмосферу выделяется большое количество тепла, что и является причино парникового эффекта. Термоэлектрические преобразователи можно использовать для переработки этого выброшенного тепла в электроэнергию. Это приведёт и к уменьшению парникового эффекта, и к большей экономии энергии.

Эффект Пельтье используется в маленьких холодильниках, так как там нет необходимости в большой разнице температур, а КПД не очень важен.

Глава 2. Кондиционер на базе элемента Пельтье

2.1. Актуальность, цель, задачи

Цель моего диплома – создание небольшого кондиционера на основе элемента Пельтье. Такое устройство можно легко разместить на столе, а за столом он необходим: сквозняка из окна часто не добиться, а холодный поток воздуха благотворно влияет на работу.

Таким образом во время разработки устройства передо мной стояли следующие задачи:

1. Определение основных принципов работы устройства в соответствии с назначением
2. Выбор компонентов в соответствии с принципами работы
3. Разработка дополнительных функций с использованием платформы arduino
4. Сборка и тестирование устройства “вне корпуса”
5. Разработка дизайна корпуса
6. Сборка и тестирование финальной версии устройства

2.2. Требования к продукту

1. Компактность
2. Удобный доступ к технической части

3. Удобное и простое управление
4. Выполнение устройством своих функций (правильное взаимодействие элементов)

2.3. Принцип работы устройства

К блоку питания подключаются вентилятор, элемент Пельтье и arduino nano. Элемент Пельтье располагается на радиаторе. Поток воздуха из вентилятора охлаждается, проходя через радиатор, и выходит наружу. Для управления интенсивностью работы вентилятора и элемента Пельтье они подключены к транзисторам, которые управляются с помощью arduino.

Для регулировки напряжения на транзисторах используется arduino. Аналоговые порты считывают данные с потенциометров, и соответствующий PWM-сигнал подается

Предусмотрена функция таймера выключения. При нажатии на кнопку включения начинается настройка, и время выключения можно настроить с помощью кнопок регулировки. Текущие настройки отображаются на светодиодной шкале (10 светодиодов, время одного диода програмно изменяемо). При повторном нажатии кнопки включения таймер запускается. Во время работы устройства светодиоды будут показывать оставшееся время. По истечении установленного времени элемент Пельтье и вентилятор перестанут работать.

В качестве корпуса используется картонная коробка подходящего размера. В ней есть отверстия для управляющих элементов, разъёма,

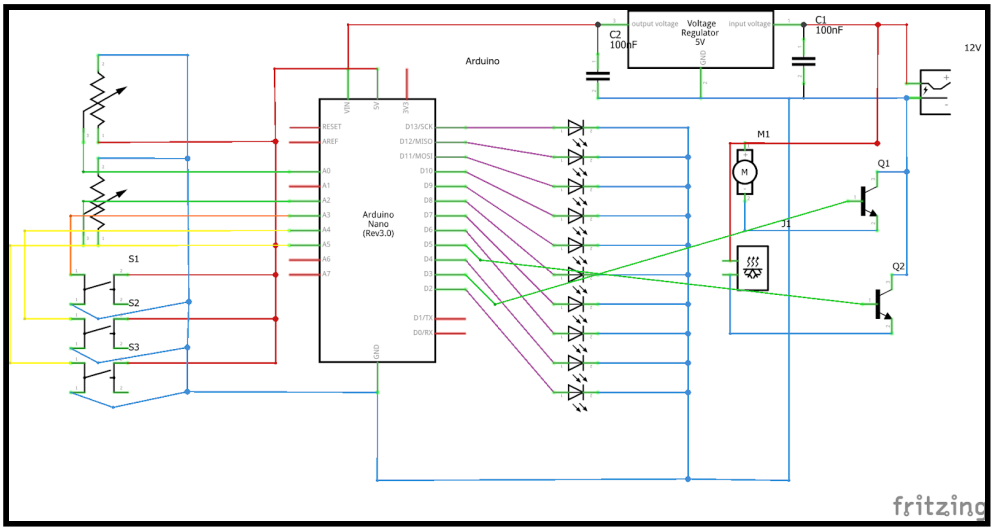
подачи воздуха к вентилятору, отвода тепла от горячей стороны элемента Пельте и вывода холодного воздуха. Элемент воздушного канала распечатан на 3d-принтере.

Для питания устройства от блока питания используется порт USB-A

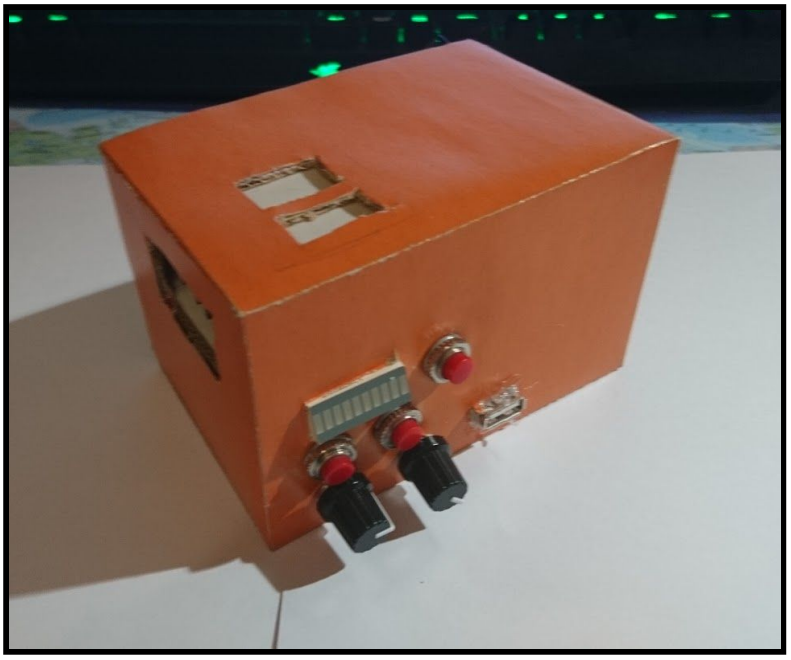
В устройстве использованы следующие компоненты:

1. Элемент Пельтье TEC1-12706
2. Вентилятор GlacialStars IceWind 7025 на 2800 об/мин
3. Блок питания на 12В и 1А
4. Полевые транзисторы
5. Регулятор напряжения L7805 на 5В для arduino
6. Светодиодная шкала
7. Кнопки
8. Потенциометры

2.4. Итоговый продукт



Электрическая схема



Фотография продукта

Итоговый продукт представляет из себя коробку размером 12x12x8 см, снаружи которой расположены элементы управления и USB-порт для питания. Плата arduino и все провода находятся внутри корпуса.

Достоинства устройства:

1. Компактность. Размеры соизмеримы с размерами кружки.
2. Простое управление. Регулировка интенсивности интуитивно понятна, настройка таймера выключения состоит из последовательности 3 простых действий.
3. Удобный доступ к технической части. При снятии крышки открывается доступ к электрической цепи. Arduino можно легко достать для программирования или переподключения проводов. Часть кабелей не припаяны к элементам, что позволяет их отсоединение для более удобного взаимодействия.
4. И вне, и внутри корпуса устройство выполняет свои функции.

Недостатки:

1. Слабый поток воздуха.

2. Неаккуратно расположенная техническая часть.

Заключение

Полученный продукт, несмотря на проблему в выполнении основной функции, соответствует изначально заложенным требованиям по сборке. Проблемы можно решить с помощью ряда улучшений:

1. Провести ряд экспериментов для выявления формы воздуховода с наиболее мощным потоком воздуха.
2. Для более компактного и красивого расположения технической части укоротить провода, подобрав их размер под взаимное расположение элементов внутри корпуса

Также есть ряд возможных дополнений, которые могут улучшить работу с устройством и расширить его функционал

1. Корпус, полностью распечатанный на 3D принтере
2. Переключатель для смены полярности элемента Пельтье, что позволит работать ему в режиме кондиционера/отопления
3. Кнопка/переключатель для включения и выключения устройства
4. Возможность отмены таймера или его настройки
5. Использование сенсора температуры для регулировки режима работы

Список литературы

Лекция специалиста Европейского Космического Агентства о термоэлектричестве в двух частях [Видео]:
https://www.youtube.com/watch?v=nlxQ6DRS6as
https://www.youtube.com/watch?v=lmHSu5Yh6cE

Видеоурок , посвящённый термоэлектричеству [Видеоурок]:
https://www.youtube.com/watch?v=FbjXC6amlb0

Курс квантовой физики Khan Academy [Интернет-курс]:
https://www.khanacademy.org/science/physics/quantum-physics

Лекция "Материалы, используемые в нетрадиционной и возобновляемой энергетике" [Электронный ресурс]:
http://www.physics.bsu.by/sites/default/files/files/departments/Energy/TEMPUS/EEM_course/Lectures/Energy%20effective%20materials%20-%20lecture%2006.pdf

Уровень Ферми [Интернет статья]:
https://studopedia.ru/5_119018_uroven-fermi.html

Энергетические [Интернет статья]:
https://studopedia.ru/5_119017_energeticheskie-zonnie-diagrammi-poluprovodnikov.html