

**БЕСПАЛОВ Н. Н., ГОРЯЧКИН Ю. В., КЛЕЧКИН Е. И., ГРИГОРЬЕВ А. Г.**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

### **ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ**

**Аннотация.** В работе приводятся результаты исследования основных термоэлектрических параметров элементов Пельтье модели ТЕС–12706. Сняты зависимости температуры «холодной» стороны от протекающего через модуль тока, а также максимального времени удержания минимальной температуры «холодной» стороны от тока. Характеристики сняты с различным охлаждением элементов, а также с различным их расположением относительно друг друга.

**Ключевые слова:** элемент Пельтье, охлаждение, радиатор, температура, ток, характеристика.

**BESPALOV N. N., GORYACHKIN YU. V., KLECHKIN E. I., GRIGORIEV A. G.**

## **STUDY OF THERMOELECTRIC PARAMETERS OF PELTIER ELEMENTS**

**Abstract.** A study of the basic thermoelectric parameters of the Peltier elements of the TEC–12706 model is carried out. The dependences of the cold side temperature on the currents flowing through the module as well as the maximum retention time of the minimum cold side temperature on the currents were found out. The data was read off different cooling of the elements and off their different location to each other.

**Keywords:** Peltier element, cooling, radiator, temperature, current, characteristic.

При эксплуатации полупроводниковых приборов их надежность обуславливается исходным качеством и режимами эксплуатации. Для повышения надежности полупроводниковых приборов (ПП) и устройств электроники в целом требуется обеспечить наиболее оптимальные режимы их эксплуатации. Для решения этой задачи нужно иметь информацию о значениях параметров каждого отдельного прибора, в том числе о значениях температурных параметров и возможностях их работы при высокой и низкой температуре.

Стандартами утверждены несколько видов испытаний, проводящихся под воздействием низкой температуры. Каждое испытание предназначено для проверки различных параметров ПП, зависящих от температуры.

В разрабатываемом аппаратно-программном комплексе для охлаждения ПП при проведении испытаний в качестве охладительного элемента применяется элемент Пельтье, способный создавать разницу температуры при протекании через него постоянного тока.

При разработке комплекса необходимо иметь информацию о параметрах элемента Пельтье при различных значениях тока через элемент и методах отвода тепла с «горячей»

стороны.

Для исследования использовались элементы Пельтье ТЕС–12706, рассчитанные на максимальный ток 6 А. Данные модули способны поддерживать разность температуры до 75 °С. Габаритные размеры модуля 40×40×3,8 мм.

Первое испытание проводилось для одиночного элемента Пельтье без дополнительного теплоотвода. В результате были получены зависимости, показанные на рисунках 1 и 2. На рисунке 1 изображена зависимость минимальной температуры «холодной» стороны элемента Пельтье  $T_{min}$  от тока  $I$ , на рисунке 2 — зависимость времени поддержания минимальной температуры  $t$ , т.е. времени, в течение которого температура холодной стороны не станет возрастать, от тока  $I$ .

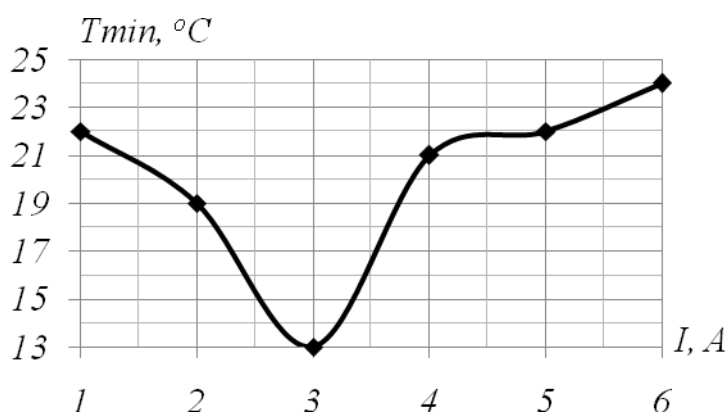


Рис. 1. Зависимость минимальной температуры «холодной» стороны элемента Пельтье от протекающего через него тока.

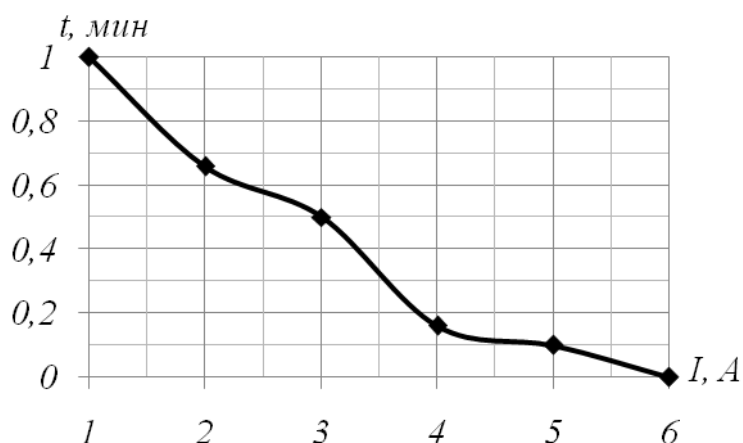


Рис. 2. Зависимость времени поддержания минимальной температуры элемента Пельтье от протекающего через него тока.

Из результатов измерений видно, что минимально достигнутая температура элемента Пельтье без отвода тепла составляет +13 °С, а время поддержания данной температуры не превышает одной минуты.

В соответствии с выводами предыдущего испытания, второе испытание проводилось для одиночного элемента Пельтье с радиатором на «горячей» стороне. Использовался радиатор с габаритными размерами 100×172×60. Площадь охлаждения равна 1 100 см<sup>2</sup>. Для улучшения теплообмена между охладителем и элементами Пельтье использовалась термопаста. В результате были получены зависимости, показанные на рисунках 3 и 4. На рисунке 3 изображена зависимость минимальной температуры «холодной» стороны элемента Пельтье от протекающего через него тока, на рисунке 4 — зависимость времени поддержания минимальной температуры «холодной» стороны элемента Пельтье от протекающего через него тока.

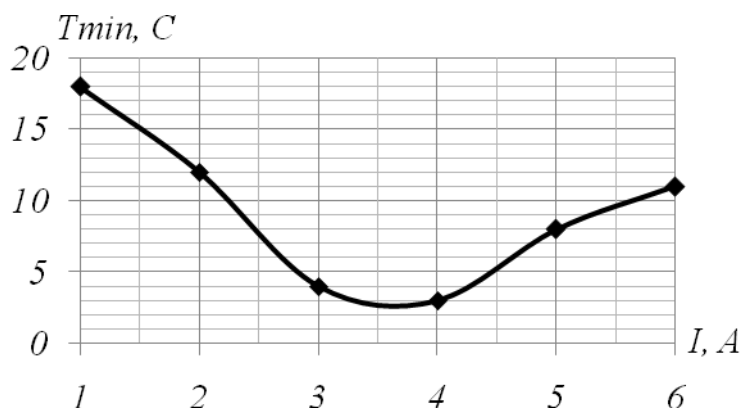


Рис. 3. Зависимость минимальной температуры «холодной» стороны элемента Пельтье от протекающего через него тока.

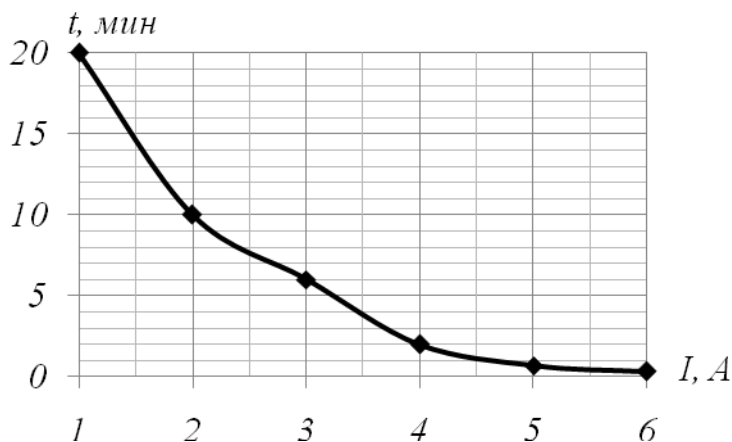


Рис. 4. Зависимость времени поддержания минимальной температуры элемента Пельтье от протекающего через него тока.

Результаты показывают, что минимальная достигнутая температура «холодной» стороны  $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а время поддержания минимальной температуры элемента Пельтье при средних токах возросло до 5 минут.

Из предыдущего испытания ясно, что с помощью одиночного элемента Пельтье, даже с дополнительным охлаждением, получить отрицательную температуру достаточно проблематично, поэтому была сконструирована система из трех элементов Пельтье, где два элемента Пельтье охлаждают третий. Система использует активный теплоотвод. Внешний вид данной системы показан на рисунке 5.



Рис. 5. Внешний вид системы элементов Пельтье с активным охлаждением.

Принцип работы данной системы следующий. Два нижних элемента Пельтье установлены на радиатор, «горячей» стороной к нему, для обеспечения хорошего теплоотвода. Соединение элементов с радиатором, для лучшей теплопроводности, промазано термопастой КПТ-8. На эти два модуля сверху установлен еще один таким образом, что его «горячая» сторона находится в контакте с «холодными» сторонами нижних элементов Пельтье. Соединение верхнего и нижних элементов Пельтье также промазано термопастой для лучшего теплового контакта. Сверху элементы Пельтье прижаты пластиной, которая винтами крепится к радиатору (для лучшего теплового контакта). Таким образом, спаренные нижние элементы Пельтье отводят тепло с «горячей» стороны верхнего, за счет чего «холодная» сторона верхнего модуля охлаждается гораздо сильнее, нежели у одиночного элемента Пельтье.

В результате испытания данной системы были получены зависимости, показанные на рисунках 6 и 7. На рисунке 6 показана зависимость минимальной температуры «холодной» стороны элемента Пельтье от тока, на рисунке 7 – зависимость времени поддержания минимальной температуры «холодной» стороны элемента Пельтье от протекающего через

него тока.

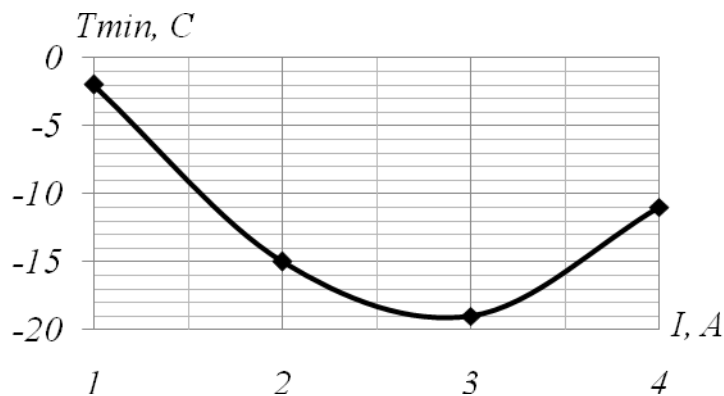


Рис. 6. Зависимость минимальной температуры «холодной» стороны элемента Пельтье от протекающего через него тока.

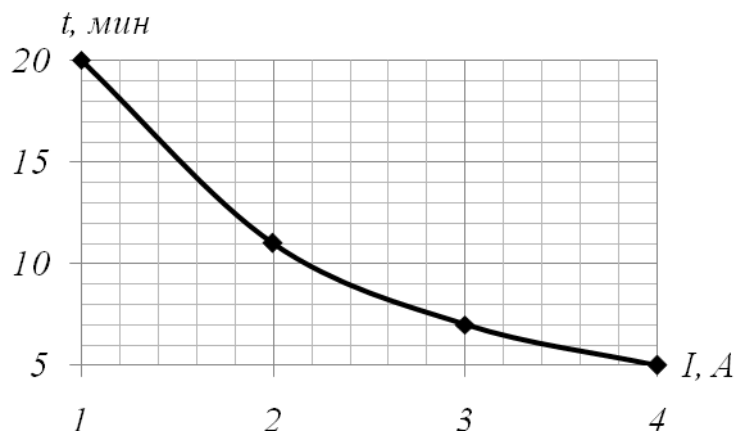


Рис. 7. Зависимость времени поддержания минимальной температуры элемента Пельтье от протекающего через него тока.

Из графиков видно, что минимальная достигнутая температура «холодной» стороны составляет  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а время устойчивого состояния элемента Пельтье при средних токах выросло до 10 минут. При токе 1 А удалось добиться устойчивого состояния элемента Пельтье. Из данного испытания видно, что эффективность данной конструкции намного выше одиночного элемента Пельтье, а минимальная температура гораздо ниже.

Были проведены испытания данной установки с активным охлаждением, при котором было достигнуто устойчивое состояние при токе 2 А. Температура «холодной» стороны при этом стабилизировалась на уровне  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1) одиночный элемент Пельтье не способен создавать необходимый стабильный температурный режим в установившемся режиме продолжительное время ввиду саморазогрева выделяющейся в нем электрической энергии;

2) для длительной работы элемента Пельтье в установившемся режиме с поддержанием одной из поверхностей элемента отрицательной температуры необходим эффективный отвод тепла от противоположной нагреваемой поверхности с помощью различных охладительных устройств, включая системы пассивного и активного охлаждения;

3) наибольшее охлаждение поверхности элемента Пельтье достигается при значении тока через элемент равное примерно половине его предельного тока.

Далее результаты данного исследования будут применены при создании устройства для испытания маломощных полупроводниковых приборов при определении их электрических и тепловых параметров и характеристик.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рудометов В. Полупроводниковые холодильники Пельтье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/cpu/peltje.html> (дата обращения 01.06.2019).
2. Элемент Пельтье TEC1-12706. Характеристики, применение, условия эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mypractic.ru/element-pelte-tec1-12706-karakteristiki-primenenie-usloviya-ekspluatacii.html> (дата обращения 01.02.2019).