

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ МИРЫ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМ

В.В. Пронин
АО «НИИ ОЭП», г. Сосновый Бор

В работе представлены конструктивно простые тест-объекты (миры), элементы которых имеют температуры ниже температуры окружающей среды. Такие миры, работающие в составе коллиматора, могут применяться для настроек тепловизионных систем.

При настройке тепловизионных систем (ТВС), работающим по объектам, находящимся при температурах ниже лабораторных, целесообразно применять миры, элементы которых имеют соизмеримые температуры. В работе рассматриваются два варианта построения мир на базе термоэлектрического элемента с применением токопроводящего покрытия и термоизоляционного слоя.

Для настройки и определения параметров ТВС традиционно применяются миры, построенные на базе протяженного излучателя. Однако, большинство из них имеет ту особенность, что температура одного из элементов этих мир примерно равна температуре окружающей среды. Её изменение требует трудоемких конструкторских решений и приводит к усложнению конструкции самого тест-объекта. Так, одно из решений – применение еще одного излучателя, требующее дополнительных оптических элементов и изменению конструкции [1]. Другое решение – применение двух расположенных рядом элементов Пельтье с разными температурами поверхностей, основной недостаток которых – низкий контраст между элементами [2]. Известны методы построения регулируемых низкотемпературных мир с помощью охлаждения жидким азотом. Такие миры имеют криогенные температуры и достаточно сложны в изготовлении [3].

Цель проведенной работы – разработка конструктивно простых тест-объектов, все элементы которых находились бы при температурах ниже температуры в лабораторном помещении. При этом абсолютные значения температур должны оперативно задаваться и разница между «горячим» и «холодным» элементом должна быть в пределах нескольких градусов.

Один из вариантов миры создавался в такой последовательности: на одну из поверхностей плоского элемента Пельтье квадратной формы со стороной 40 мм укладывался кремнийорганический герметик марки ВГО-1. Укладка производилась в трафарет внутренним размером (30x20) мм и высотой 0,4 мм с последующим выравниванием для создания одной толщины слоя. Затем на его поверхность наносился токопроводящий слой из клея высокой электропроводимости с добавлением серебра Kontaktol по той же методике. На получившемся двухкомпонентном основании выполнялись прорези заданной ширины глубиной до поверхности элемента. Таким образом была образована периодическая структура с чередующимися полосами токопроводящего покрытия и полосами поверхности элемента Пельтье.

Работают миры следующим образом: на элемент подается напряжение такой полярности, чтобы сторона с нанесенным токопроводящим покрытием охлаждалась. От нагретой стороны целесообразно организовать теплоотвод, например, установив элемент на радиатор с воздушным охлаждением. После охлаждения поверхности элемента до требуемой температуры, к токопроводящему покрытию прикладывают напряжение и увеличивают его до величины, необходимой для создания требуемой температуры элемента. Для более глубокого охлаждения поверхности можно применять многокаскадное охлаждение, позволяющее обеспечивать такой режим работы, при котором температура горячей стороны элемента поддерживается равной температуре окружающей среды.

В этом режиме обеспечивается наиболее эффективное охлаждение [4]. Такая мира устанавливается в фокальную плоскость коллиматора и может применяться как низкотемпературный тест-объект.

На рисунке 1 представлена схема построения описанного тест-объекта. Между поверхностью радиатора и элементом Пельтье для улучшения теплоотдачи наносилась теплопроводная кремнийорганическая паста КПТ-8.

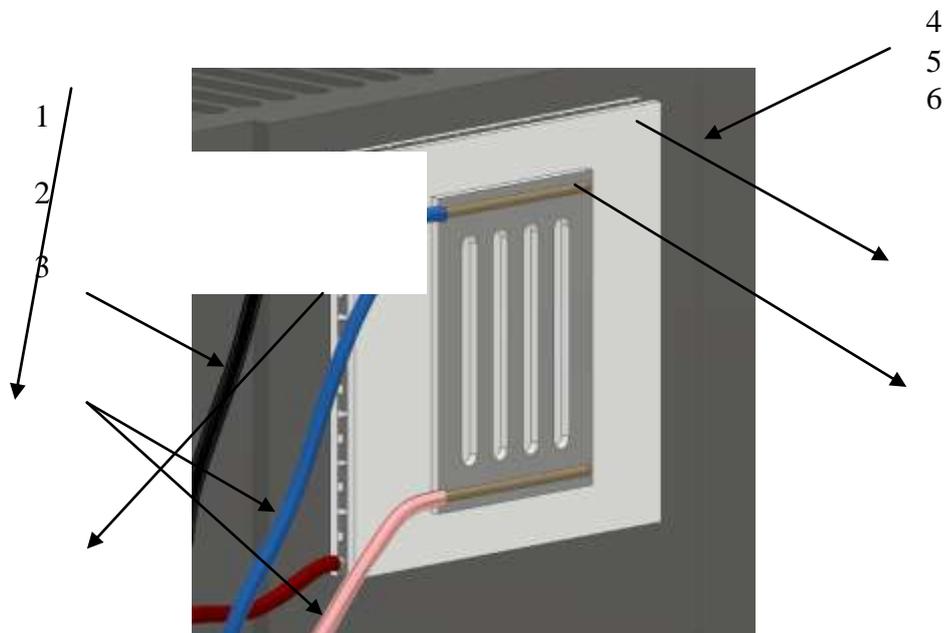


Рисунок 1 – Схема мира с подложкой из герметика

1 – термоизолирующий слой, 2 – провода подвода напряжения питания к элементу Пельтье, 3 – провода подвода напряжения питания к токопроводящему слою, 4 – радиатор охлаждения с вентилятором, 5 – элемент Пельтье, 6 – токопроводящее покрытие.

На рисунке 2 представлены фотографии низкотемпературной мира, установленной на дополнительный радиатор и её термограмма, полученная с помощью тепловизора.

Здесь слой герметика и токопроводящего покрытия нанесены друг за другом на поверхность элемента Пельтье. Ширина элементов мира составляет 2 мм, ширина всей рабочей поверхности мира - 20 мм. Для организации отвода тепла от нагретой стороны конструкция с мирой была установлена на дополнительный радиатор и был создан обдув с помощью вентилятора. Обдув необходим также для удаления образующейся на мире влаги при установке режима отрицательных температур. Измерения проходили в следующих режимах: напряжение питания элемента Пельтье подавалось такой полярности, чтобы сторона с нанесенным токопроводящим покрытием охлаждалась. Прикладываемое напряжение варьировалось от 2В до 11В. Напряжение, прикладываемое к токопроводящему слою, изменялось от 0,5В до 1,6В.

Измерения температуры и последующая обработка термограммы проводилась с помощью поверенного тепловизора testo 882 и прилагающемуся к нему программному обеспечению IRSoft 4.5.3997.34051. Спектральный диапазон работы тепловизора (8-14) мкм, порог чувствительности по температуре 60 мК.

Коэффициенты излучения токопроводящего покрытия и поверхности элемента Пельтье определялись экспериментально на поверенном спектрометре ФСМ-2201, укомплектованном приставкой диффузного отражения, в диапазоне (8-14) мкм согласно методике, описанной в [5].

Кроме того, температура элементов микросхемы контролировалась с помощью двух идентичных термопар DS18S20, ошибка измерения температуры которых составляла $0,5^{\circ}\text{C}$. Обе термопары подключались через адаптер DS240164 к компьютеру с программой OneWireViewer для мониторинга и записи значений температуры.

Температура окружающей среды была в пределах $(24-25)^{\circ}\text{C}$, относительная влажность в пределах $(33-35)\%$.

На рисунке 2 показана фотография макета низкотемпературной микросхемы с дополнительным вентилятором и полученная термограмма.

На рисунке 3 представлен профиль температурного распределения.

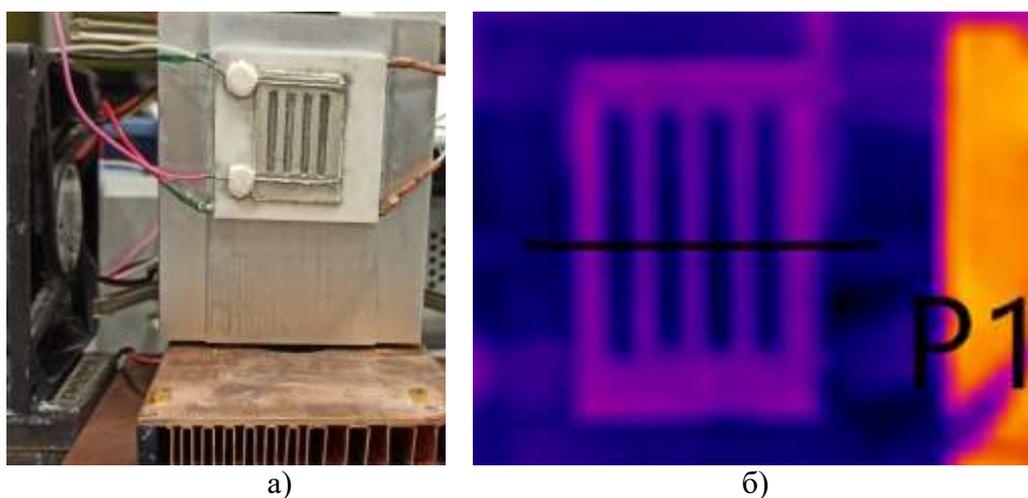


Рисунок 2 – Фотография микросхемы с термоизолирующим слоем из герметика (а) и её термограмма (б).

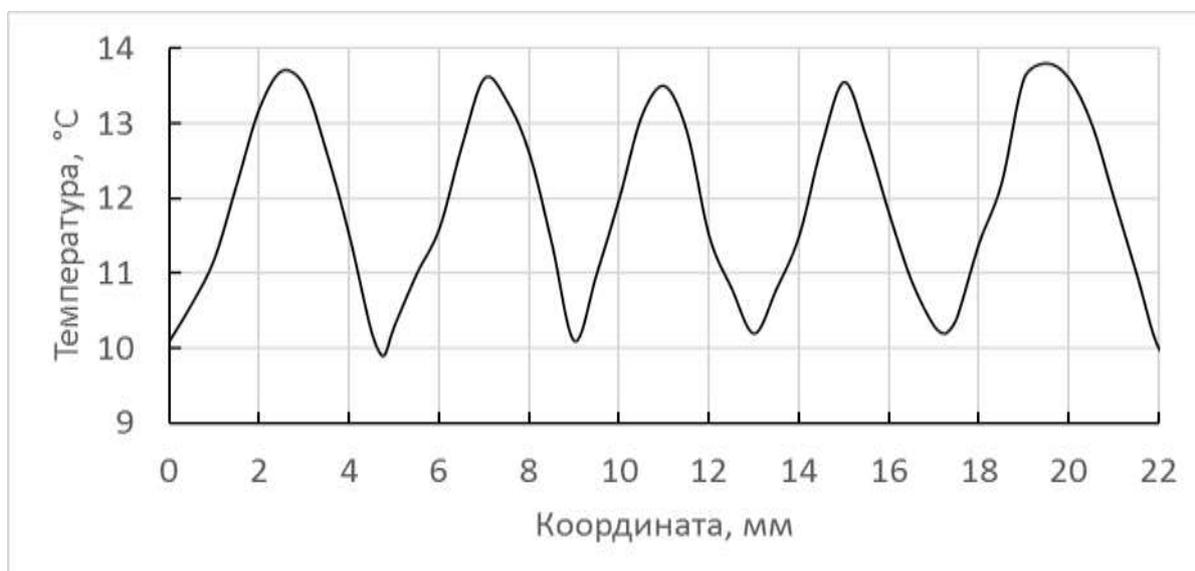


Рисунок 3 –Профиль температурного распределения микросхемы

На рисунке 4 представлены профили температурного распределения при разных управляющих напряжениях элемента Пельтье и токопроводящего слоя.

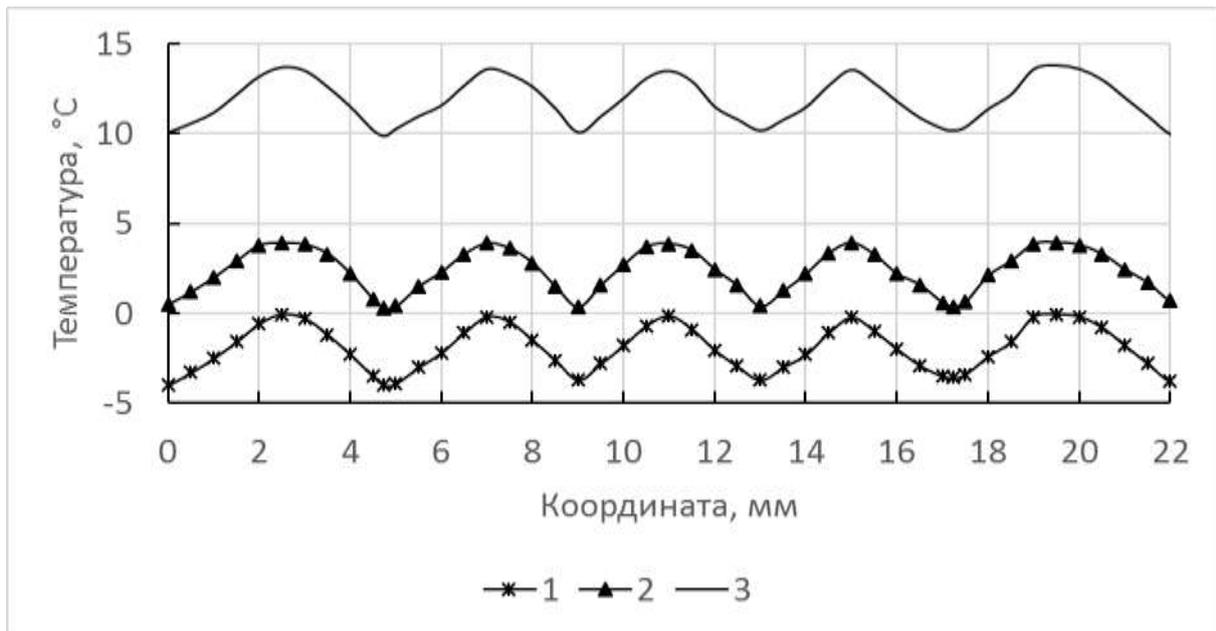


Рисунок 4 – Температурные профили при разных управляющих напряжениях

Другой вариант построения низкотемпературной среды – применение пластины из диэлектрика с нанесенным токопроводящим покрытием и проделанными с равными промежутками прорезями. Такая пластина играет роль теплоизолятора вместо герметика, примененного в предыдущем варианте построения, и устанавливается на охлаждаемую сторону элемента Пельтье через теплопроводящую пасту. Конструкция представлена на рисунке 5, а фотография и температурный профиль – на рисунке 6. Такой вариант построения позволяет использовать один элемент Пельтье при сменных мирах с разным типоразмером элементов при тех же возможностях регулировок температур.

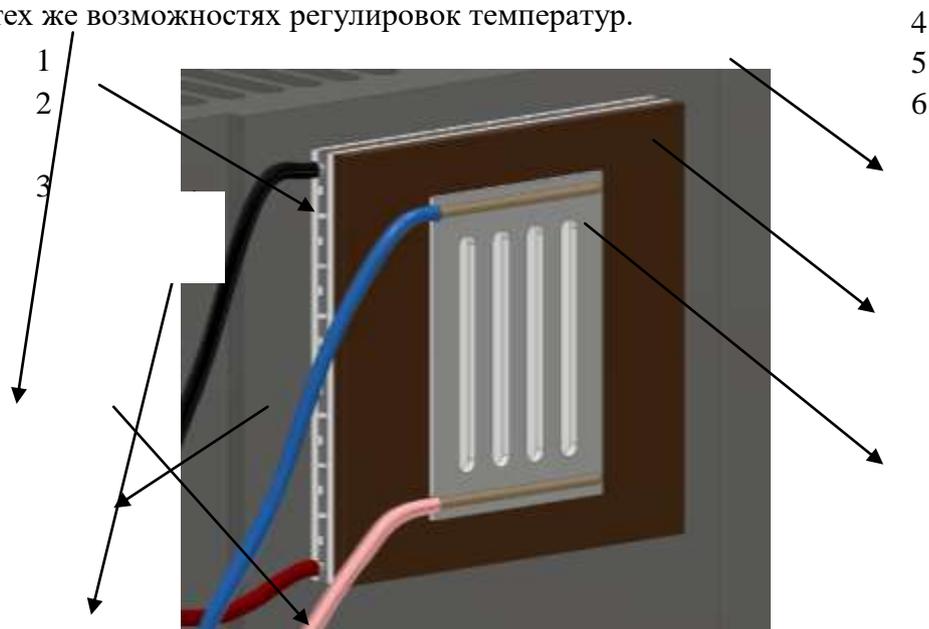
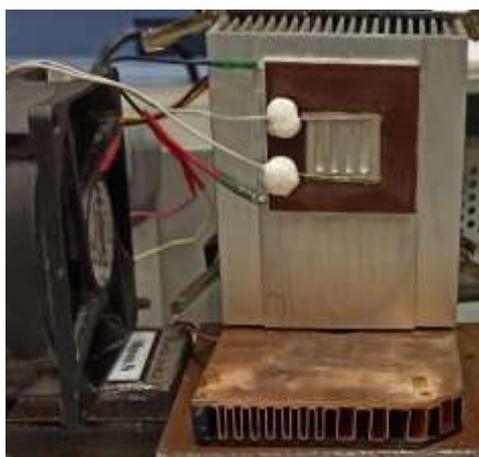
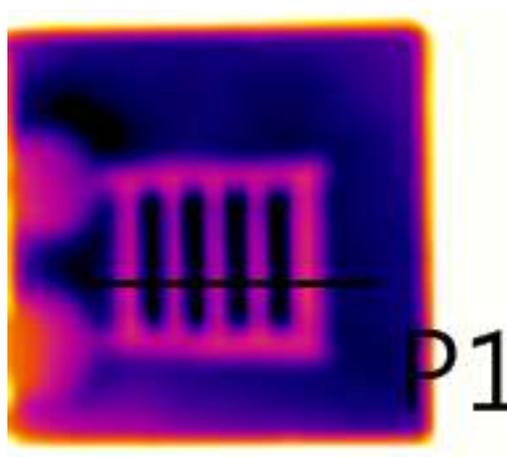


Рисунок 5 - Схема среды с подложкой из текстолита

1 – элемент Пельтье, 2- провода подвода напряжения питания к элементу Пельтье, 3 - провода подвода напряжения питания к токопроводящему слою, 4 – радиатор охлаждения с вентилятором, 5- текстолитовая пластина, 6 - токопроводящий слой



а)



б)

Рисунок 6 – Фотография миры с подложкой из текстолита (а) и её термограмма (б).



Рисунок 7 - Температурный профиль миры с подложкой из текстолита

Выводы: описанные конструкции позволяют устанавливать температуры элементов миры ниже температуры окружающей среды и оперативно их задавать. Диапазон задаваемых температур определяется диапазоном регулировок элемента Пельтье и теплоотдачей токопроводящего слоя. Описанные тест-объекты просты в изготовлении, имеют невысокие стоимость и трудозатраты и могут применяться для лабораторного тестирования тепловизионных систем, работающих по низкотемпературным объектам.

Литература

- 1) Krzysztof Chrzanowski. Testing thermal imagers. Practical guidebook // Military University of Technology, 00-908 Warsaw, Poland, 2010.
- 2) Bauer Guenter, Neve Antie, Thoma Stephan. Patent US 20090201376 A1. Apparatus for calibrating an optical camera and/or infrared camera.
- 3) Liu Zhenqi, Hu Zhonghui, Wang Chao, Wang Dongsheng, Wang Yulei, Qin Lanqi, Wang Li. Patent CN103983363. Optimal refrigerating plate for low-temperature infrared target source.
- 4) Шостаковский П. Современные решения термоэлектрического охлаждения для радиоэлектронной, медицинской, промышленной и бытовой техники // Компоненты и технологии, № 12, 2009.
- 5) Пронин В.В., Сидоровский Н.В., Старченко А.Н. Комплекс для измерения спектральных характеристик материалов и покрытий в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах. Актуальные проблемы защиты и безопасности: Труды XIV Всероссийской научно-практической конференции РАРАН, 2011.