

Д. т. н. А. А. АЩЕУЛОВ, Д. Д. ВЕЛИЧУК, к. т. н. И. С. РОМАНЮК

Украина, г. Черновцы, Институт термоэлектричества, ОАО «Кварц»
E-mail: om@inst.cv.ua

Дата поступления в редакцию
01.03 2007 г.

Оппонент к. т. н. В. П. ЗАЙКОВ
(НИИ "Шторм", г. Одесса)

УСТАНОВКА ДЛЯ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ГЛУБИНЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МИКРОМОДУЛЕЙ ПЕЛЬТЬЕ

Предложена конструкция установки для экспрессного определения глубины охлаждения, оптимального тока, потребляемой мощности и холодопроизводительности термоэлектрических охладителей Пельтье в различных режимах.

В настоящее время термоэлектрические охладители Пельтье довольно широко распространены в приборостроении, измерительной, лазерной и ИК-технике, а также в медицине и других областях. Их развитие неразрывно связано с совершенствованием теоретических и экспериментальных методов определения параметров. При этом учет особенностей реального термоэлемента в различных условиях эксплуатации возможен только в ряде частных случаев [1]. Аналитическое определение предельных параметров охладителей различных конструкций в большинстве случаев практически неосуществимо и требует дополнительных экспериментальных исследований. Следует отметить, что и существующая контрольно-измерительная база [2—4] не отвечает полностью современным требованиям серийного производства термоэлектрических охладителей [5, 6], особенно в случае микромодулей Пельтье [7], для которых контактный метод контроля глубины охлаждения [8, с. 35—45] малопригоден.

В представленном сообщении приводится описание конструкции установки, предназначенной для экспресс-контроля параметров одно- и многокаскадных микромодулей [9]. Основные требования, предъявляемые к этой установке, — уменьшение величины погрешности контроля температуры охлаждаемых граней микромодулей при исключении брака и возрастании производительности измерений — решались выбором бесконтактного метода регистрации тепловых потоков охлаждаемых граней с помощью анизотропного тепломера [10]. Его высокая чувствительность при минимальном воздействии наверяемые микромодули позволила решить вопрос экспрессности контроля глубины микромодулей не только в режиме холостого хода, но и при заданных тепловых нагрузках в широких температурном и барическом интервалах.

Общая блок-схема этой установки (рис. 1) содержит высокоточный электротепломеханический узел

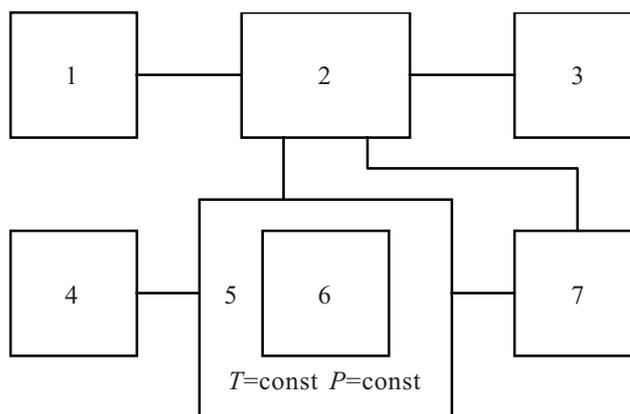


Рис. 1. Блок-схема установки для экспресс-контроля глубины охлаждения термоэлектрических микромодулей Пельтье:

1, 2 — измерительный и коммутационный блоки; 3, 4 — блоки управления и питания; 5 — камера тепла и холода; 6 — электротепломеханический узел; 7 — терморегулятор

6, расположенный в камере тепла и холода 5 (КТХ) [11], температура T внутреннего объема которой задается блоком управления 3 с помощью терморегулятора 7. Степень необходимого разрежения либо избыточного давления P определяется соответствующей вакуумной системой. Измерение термо-ЭДС термопар, падения электрического напряжения на микромодулях, а также тепловых нагрузок и величины протекающего электрического тока проводится измерительным блоком 1 через блок управления 3. Питание установки обеспечивается с помощью стабилизированного источника 4.

Основополагающим элементом установки является электротепломеханический узел (рис. 2). Он состоит из металлического диска-радиатора 5, прикрепленного через стойки 6 к металлическому основанию 1, в котором по окружности с помощью механических фиксаторов закрепляются микромодули — один эталонный (ТЭО-10) и сорок штук поверяемых (ТЭО-7). Эти модули прикреплены к основанию корпусов приборов, на обратных сторонах расположены электровыводы, соединенные с p - и n -ветвями батареи, а также с объектами охлаждения (например с фоточувствительными слоями на охлаждаемой грани). Для уменьшения переходного теплового сопротивления на боковые стенки фиксаторов и корпусов предварительно наносится слой диффузионного мас-

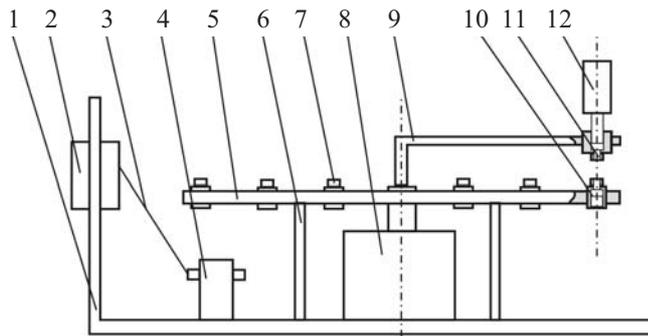


Рис. 2 Блок-схема электротепломеханического узла: 1 — основание; 2 — электровыводной разъем; 3 — соединительный кабель; 4 — электрораспределительная колодка; 5 — диск-радиатор с посадочными местами для микромодулей; 6 — крепежные стойки; 7 — поверяемые микромодули; 8 — шаговый электродвигатель; 9 — поворотный рычаг; 10 — эталонный микромодуль с микротермопарами; 11 — анизотропный тепломер; 12 — съемный механический индикатор для выставления зазоров

ла. Общая площадь диска-радиатора 5 при этом равна произведению площади эксплуатационного радиатора микромодуля на число радиаторов. Рабочая температура диска-радиатора контролируется с помощью дифференциальной термопары.

Анизотропный тепломер (АТ) 11 вместе с механическим индикатором 12 находится на поворотном рычаге 9, в свою очередь прикрепленном к оси электромагнитного шагового двигателя 8, расположенного соосно диску-радиатору 5. Электрические выводы тепломера 11 с помощью группы подвижных контактов в корпусе электромагнитного шагового двигателя 8 подключены к электровыводному разъему 2. Электрические выводы всех микромодулей (эталонного и поверяемых) соединены электрически последовательно, и с помощью распределительной колодки 4 через разъем 2 подключены к соответствующим внешним блокам (см. рис. 1, блоки 1—4). Туда же подведены и электрические выводы всех фоточувствительных слоев, а также микротермопар эталонного микромодуля ТЭО-10. Индикация местонахождения тепломера 11 (рис. 2) над соответствующим поверяемым ТЭО-7 осуществляется с помощью цифровых индикаторов блока управления 3 (рис. 1), также подключенных через соответствующие группы подвижных контактов шагового двигателя 8.

Холодная и горячая грани эталонного ТЭО-10, расположенного в позиции "0", содержит тарированные дифференциальные (в нашем случае медь-константановые) микротермопары, предназначенные для температурной градуировки анизотропного тепломера 11 во всем диапазоне рабочих температур установки. Механический индикатор перемещения 12 предназначен для выставления всех поверяемых ТЭО-7 относительно тепломера 11 на заданное расстояние d . После выставления и последующего крепления всех поверяемых микромодулей на заданном расстоянии индикатор 12 удаляется. Для предотвращения конвективных потоков, возникающих в объеме КТХ, электротепломеханический узел защищен металлическим изотермическим экраном с черной внутренней поверхностью (на рис. 2 экран не показан).

Анизотропный тепломер разновременного компарирования (рис. 3) выполнен на основе анизотропного термоэлектрического модуля АТЭМ-1 из эвтектического материала CdSb—NiSb [5], характеризующегося малой температурной зависимостью вольт-ваттной чувствительности. Его верхняя грань содержит тон-

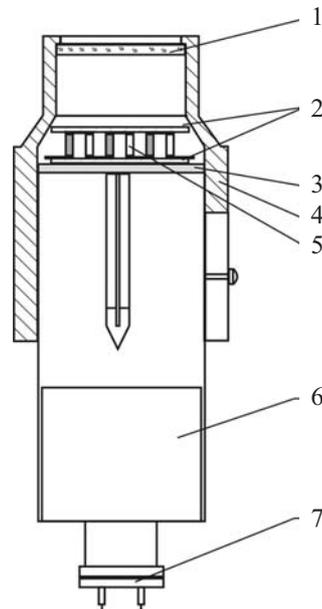


Рис. 3. Конструкция тепломера, работающего в режиме разновременного компаратора лучистых потоков: 1 — фильтр из CdSb; 2 — поглощающий слой; 3 — электроизоляционная теплопрокладка; 4 — корпус; 5 — АТ; 6 — теплоотвод; 7 — электровыводная колодка

кий слой неселективного поглощающего покрытия 2. Входное окно тепломера содержит оптический фильтр 1 из высокосовершенного монокристаллического CdSb стехиометрического состава, поверхность которого просветлена сернистым цинком (92%) на область максимального пропускания 8,0—12,0 мкм. Величина вольт-ваттной чувствительности тепломера при этом составляет $S_q = 0,52$ В/Вт при постоянной времени $\tau = 1,0$ с.

Предлагаемая установка работает следующим образом. В посадочных гнездах диска-радиатора 5 (см. рис. 2) методом кругового зажима закрепляются эталонный микромодуль (ТЭО-10) и сорок штук поверяемых ТЭО-7, выставленных на заданном расстоянии. Далее электротепломеханический узел накрывается тепловым экраном и помещается в КТХ (рис. 1), в которой с помощью блока управления задаются необходимые температурный (T_1) и барический (P_1) режимы. После установления этих режимов через эталонный микромодуль пропускают заданный рабочий ток, вызывающий понижение температуры холодной грани микромодуля, которая регистрируется тарированной микротермопарой. Поскольку приемная грань тепломера расположена напротив холодной грани эталонного микромодуля, то в результате лучистого теплообмена на выходе тепломера появляется электрический сигнал, величина которого пропорциональна температуре охлаждаемой грани ТЭО-10 (при заданных T_1 и P_1), т. е. осуществляется градуировка тепломера.

Поскольку через поверяемые ТЭО-7, находящиеся в позициях 1—40, проходит такой же электрический ток, то подавая поочередно электроимпульсы из блока управления на шаговый двигатель, последовательно переводят тепломер из позиции "0" в позиции

"1"—"40", где расположены поверяемые ТЭО-7. Так как выходной сигнал тепломера пропорционален глубине охлаждения, то при известной его чувствительности легко определяются значения температур охлаждаемых граней поверяемых ТЭО-7. (При необходимости можно определять величины максимального охлаждения поверяемых ТЭО-7 в режимах холостого хода и различных заданных тепловых нагрузок, их холодопроизводительность, а также соответствующие им оптимальные токи и потребляемые электрические мощности.)

Температурная чувствительность установки для экспресс-контроля параметров термоэлектрических модулей Пельтье последней модификации при расстоянии между тепломером и охладителем $d=0,5...1,0$ мм составляла $S_T=55...200$ мкВ/К. Это позволяет оценивать глубину охлаждения микромодулей (в диапазоне термостагирования $T=220...370$ К при давлении $P=10^{-3}...760$ мм рт. ст.) с погрешностью 5%. Время выхода установки на рабочий режим не превышает 1 ч, а ее производительность составляет 160 микромодулей в смену при отсутствии брака, возникающего в процессе измерений. Кроме этого, установка позволяет исследовать характеристики микромодулей при заданных тепловых нагрузках, что дает возможность определения их динамических нагрузочных характеристик. Ее длительная эксплуатация показала высокую надежность и работоспособность в условиях мелкосерийного производства.

Выводы

Создана установка для бесконтактного экспресс-контроля глубины охлаждения микромодулей Пельтье в широком температурном и барическом диапазонах с погрешностью 5%, производительностью 160 шт.

в смену. Длительная эксплуатация установки показала ее высокую эффективность.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Покорный Е. Г., Щербина А. Г. Расчет полупроводниковых охлаждающих устройств.— Л.: Наука, 1969.
2. Термоэлектрическое охлаждение. Текст лекций / Под общ. ред. Л. П. Булата.— СПб: СПбГУНиПТ, 2002.
3. Громов Г. Г., Драбкин И. А., Ершова Л. Б. Комплексный метод контроля качества конструкции и эксплуатационной надежности термоэлектрических модулей в составе оптоэлектронных приборов.— ЗАО «РМТ», Россия.— 2005.— www.rmtltd.ru/articles/Complex_method_rus.pdf.
4. Пат. 2285980 RU. Способ контроля качества термоэлектрического модуля / Г. Г. Громов, Л. Б. Ершова, В. В. Володин.— 2006.
5. Ащеулов А. А., Глемба Н. Н., Простеби Л. И. Прибор для экспрессного контроля параметров термоэлектрических охладителей // Электромеханика.— 1980.— № 12.— С. 1333—1334.
6. А. с. 991809 СССР. Устройство для измерения глубины охлаждения ТЭО Пельтье / А. А. Ащеулов, Н. Н. Глемба, В. Г. Горбатюк и др.— 1981.
7. А. с. 971052 СССР. Термоэлектрический модуль / А. А. Ащеулов, Н. Н. Глемба, Л. И. Простеби, Р. И. Плащенков.— 1980.
8. Вайнер А. Л. Термоэлектрические параметры и их измерение.— Одесса: Студия "Негоциант", 1998.
9. Ащеулов А. А., Романюк И. С. Некоторые особенности технологии ТЭМ Пельтье повышенной надежности на основе кристаллов Bi-Te-Se-Sb // Термоэлектричество.— 2004.— № 3.— С. 70—80.
10. Ащеулов А. А., Гуцул И. В. Исследование анизотропных оптикотермоэлементов в случае различных оптических и тепловых режимов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре (ТКЭА).— 2005.— № 4.— С. 10—18.
11. Дунаенко А. Х., Фотий В. Д., Ащеулов А. А. Камера тепла и холода для изделий фотоэлектронной техники // Там же.— 2003.— № 6.— С. 51—52.

НОВЫЕ КНИГИ

Уразаев В. Г. Влагозащита печатных узлов.— М.: Техносфера, 2006.— 344 с.

Книга посвящена проблеме обеспечения влагостойкости, а следовательно, и надежности электронной аппаратуры.

Приведены базовые сведения из области химии и физики полимеров, необходимые для понимания современных технологий, используемых в производстве электронной аппаратуры. Рассмотрены механизмы отказов печатных узлов под действием внешних неблагоприятных факторов. Приведены сведения о технологиях изготовления печатных плат и современных базовых материалах, используемых в их производстве. Детально рассмотрены методы получения и свойства полимерных покрытий, используемых для влагозащиты печатных узлов в России и за рубежом. Особое внимание в книге уделено современным и перспективным технологиям влагозащиты печатных узлов.

Отдельная глава посвящена проблемам, возникающим при производстве электронной аппаратуры, и способам их решения.

Книга предназначена для технических специалистов, занимающихся разработкой и изготовлением электронной аппаратуры.

