

Основные технические параметры УФР-1Л

Спектральный диапазон, нм.....	300—400
Диапазон измерений энергетической освещенности, Вт/см ²	1·10 ⁻¹⁰ —2·10 ⁻⁴
Нелинейность энергетической характеристики чувствительности, %	≤2
Основная погрешность измерения, % ...	≤10
Дополнительная температурная погрешность, %/°С	≤0,3

Применение соответствующих нейтральных ослабителей позволяет расширить диапазон измерения энергетической освещенности до 2 Вт/см².

Выводы

1. Разработан измеритель мощности излучения ближней части УФ-диапазона с высоким

значением крутизны коротковолнового края поглощения и с неравномерностью спектральной чувствительности не более 5 % в спектральном диапазоне 300—400 нм.

2. Изготовлены, испытаны и аттестованы промышленные образцы УФР, которые успешно эксплуатируются по прямому назначению.

Литература

1. Измеритель мощности оптического излучения "Кварц-01"// Каталог "Фотоприемники и фотоприемные устройства". — Черновцы: ОАО "Кварц", 2003. С. 98.
2. 2930-C Dual-Channel Optical Power Meter// Euro-photonics.- October/November 2002. P. 114.
3. Криксунов А. З. Справочник по приборам инфракрасной техники.: Киев: Техника, 1980. — 232 с.

Статья поступила в редакцию 10 октября 2004 г.

Power meter of radiation of a short-range part of UV-range

A. A. Ashcheulov, V. K. Butenko, I. V. Doktorovich, A. H. Dunayenko, V. D. Fotiy
Photon-Quartz Design & Production, Chernivtsi, Ukraine

The design and characteristics of UV-radiometer which operate in 300—400 nm spectral band with irregularity of spectral sensitivity not more than 5 % are considered.

УДК 532.523.32:621.382(088.8)

Механическая прочность термоэлектрического модуля Пельтье при его односторонней фиксации

А. А. Ащеулов, Ю. Г. Добровольский
Институт термоэлектричества НАН и МОН Украины, г. Черновцы, Украина

И. С. Романюк
КТБ "Фотон-Кварц", г. Черновцы, Украина

Проанализированы нормальные составляющие механических напряжений ветвей термоэлектрического модуля Пельтье (ТЕМ) в случае односторонней фиксации его рабочей (горячей) грани. Показано, что их величина в 2,5—3 раза меньше аналогичных напряжений ветвей ТЕМ с двухсторонней фиксацией.

В реальных условиях эксплуатации благодаря влиянию различных рабочих режимов, перепадов температуры, а также ряда технологических и конструкционных особенностей термоэлектрические модули Пельтье (ТЕМ) [1, 2] находятся под воздействием значительных статических и динамических механических напряжений [3, 4]. Это в некоторых случаях приводит к нарушению целостности конструкции изделия, что проявляется в механических повреждениях, ведущих в конечном итоге к существенному ухудшению электрического и теплового контактов, вплоть до их полной потери. Поэтому актуальны вопросы предварительной оценки механической

прочности элементов конструкции ТЕМ, а также анализа и выявления причин возможных отказов.

В работе [5] проведена оценка нормальных составляющих механических напряжений ветвей ТЕМ в случае двухсторонней фиксации рабочих граней. Показано, что величина напряжений ветвей в пределах каскада при перепаде температуры 40 К находится в интервале 28—43 МПа. Следует отметить, что суммарная величина этих напряжений в пределах всей конструкции ТЕМ значительно выше.

Реально чаще всего используется случай односторонней фиксации ТЕМ, как правило, его горячей грани. Холодная грань остается свобод-

ной и на ней располагается объект охлаждения, обладающий обычно небольшой массой. Поэтому, хотя эта грань и соединена с охлаждаемым объектом, ТЕМ имеет возможность свободно реагировать на температурные факторы.

Для оценки величины возникающих при этом нормальных составляющих механических напряжений в качестве примера рассмотрим трехкаскадный ТЕМ, приведенный на рис. 1. Особенностью рассматриваемого прибора является этажерочная конструкция [1], содержащая керамические электротеплопереходы, соединяющие между собою группы p - и n -ветвей в единую электрическую цепь с помощью металлических коммутационных слоев.

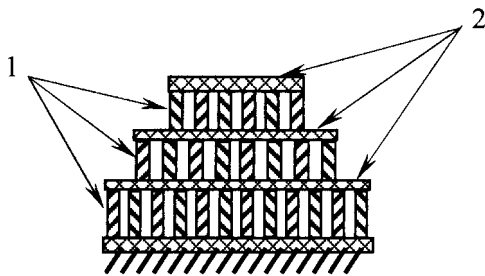


Рис. 1. Схематическое изображение конструкции трехкаскадного ТЕМ:

1 — ветви ТЕМ; 2 — электротеплокоммутационные керамические переходы

Рассмотрим прочностные характеристики такого ТЕМ в статическом режиме работы. Расчет проводится с использованием уравнения совместности деформаций для статически неопределенных систем [3, 4], которыми является каждый из каскадов. Аналогично [5] оценка нормальной составляющей эксплуатационных механических напряжений, возникающих в ветвях под воздействием градиента температуры, проводится только для трех возможных вариантов попарного соединения ветвей со следующими геометрическими размерами:

а) длина ветви (l_T^0) и толщина слоя припоя (l_{pr}^0) по торцам ветвей соответствует номинальным значениям (рис. 2, а);

б) длина ветви находится на верхнем пределе допуска (l_T^{\max}), а толщина слоя припоя (l_{pr}^{\max}) — на нижнем пределе (рис. 2, б);

в) длина ветви находится на нижнем пределе допуска (l_T^{\min}), а толщина слоя припоя (l_{pr}^{\min}) — на верхнем пределе (рис. 2, в).

Эксплуатационные составляющие механических напряжений, возникающие при взаимодействии отдельных пар ветвей в случаях, изображенных на рис. 2 (Σ_{a-b} , Σ_{b-c} , Σ_{a-c}), с достаточной степенью точности определяются следующими выражениями:

для случая а):

$$\Sigma_{a-b} = (T'_2 - T'_1) \times \left[\frac{(2\beta_{pr} l_{pr}^0 + \beta_T l_T^0)}{\frac{2l_{0pr}}{E_{pr}} + \frac{l_T^0}{E_T}} - \frac{(2\beta_{pr} l_{pr}^{\min} + \beta_T l_T^{\max})}{\frac{2l_{pr}^{\min}}{E_{pr}} + \frac{l_T^{\max}}{E_T}} \right],$$

для случая б):

$$\Sigma_{b-c} = (T'_2 - T'_1) \times \left[\frac{(2\beta_{pr} l_{pr}^{\max} + \beta_T l_T^{\min})}{\frac{2l_{pr}^{\max}}{E_{pr}} + \frac{l_T^{\min}}{E_T}} - \frac{(2\beta_{pr} l_{pr}^{\min} + \beta_T l_T^{\max})}{\frac{2l_{pr}^{\min}}{E_{pr}} + \frac{l_T^{\max}}{E_T}} \right],$$

для случая в):

$$\Sigma_{a-c} = (T'_2 - T'_1) \times \left[\frac{(2\beta_{pr} l_{pr}^{\max} + \beta_T l_T^{\min})}{\frac{2l_{pr}^{\max}}{E_{pr}} + \frac{l_T^{\min}}{E_T}} - \frac{(2\beta_{pr} l_{pr}^0 + \beta_T l_T^0)}{\frac{2l_{pr}^0}{E_{pr}} + \frac{l_T^0}{E_T}} \right],$$

где β_{pr} , β_T — коэффициенты линейного расширения материала припоя и ветвей, соответственно;

E_{pr} , E_T — модули Юнга материала припоя и ветвей;

T_1 , T_2 — температура холодной и горячей граней каскада, соответственно.

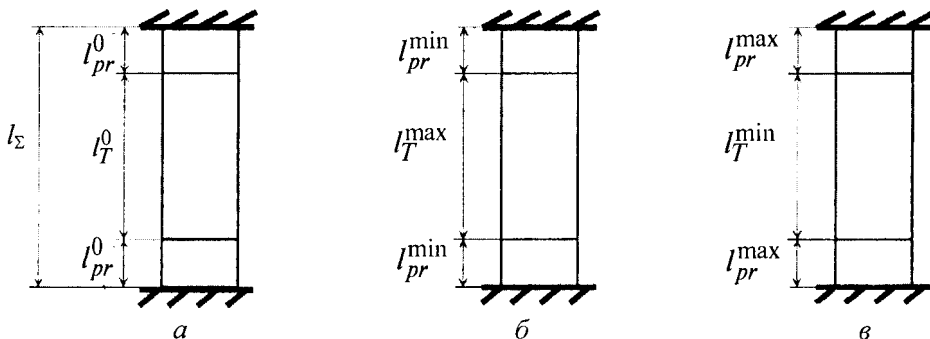


Рис. 2. Соотношения длин ветвей и толщин слоев припоя

Необходимо отметить, что в отличие от [5] в рассматриваемом случае межкаскадное взаимодействие отсутствует.

Как следует из приведенных уравнений, для ТЕМ с односторонней фиксацией эксплуатационные составляющие напряжений в пределах каскада отличаются от выражений, полученных для случая двухсторонней фиксации. Результаты расчетов величин эксплуатационных механических напряжений в ветвях односторонне зафиксированных ТЕМ в случаях разброса как геометрических размеров ветвей в пределах допусков, так и геометрических размеров ветвей в пределах допусков вместе со значением модуля Юнга, приведены в табл. 1 и 2, соответственно.

Таблица 1

Нормальные составляющие эксплуатационных механических напряжений в ветвях ТЕМ с односторонней фиксацией ТЕМ, обусловленные разбросом длин ветвей и толщин слоев припоя в пределах допусков

$\Delta T, K$	30	40	26
$\Sigma_a, \text{МПа}$	5,7	6,26	4,98
$\Sigma_b, \text{МПа}$	2,13	9,5	6,18
$\Sigma_c, \text{МПа}$	2,43	3,24	1,2

Таблица 2

Нормальные максимальные и минимальные составляющие эксплуатационных механических напряжений ветвей ТЕМ с односторонней фиксацией, обусловленные разбросом длин ветвей и толщин слоев припоя в пределах допусков, а также разброса значения модуля Юнга

$\Delta T, K$	30	40	26
$\Sigma_T^{\min}, \text{МПа}$	1,2	1,58	0,4
$\Sigma_T^{\max}, \text{МПа}$	11,32	15,12	9,8

При расчетах использованы следующие значения физико-химических параметров материалов [6] и геометрических размеров ветвей и слоев припоя: $\beta_{pr} = 24,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; $\beta_T = 22,2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$; $E_{pr} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ МПа}$; $E_T = 4,22 \cdot 10^4 \text{ МПа}$; $l_{pr}^0 = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ г}$; $l_{pr}^{\max} = 0,9 \cdot 10^{-4} \text{ г}$; $l_{pr}^{\min} = 0,1 \cdot 10^{-4} \text{ г}$; $l_T^0 = 14 \cdot 10^{-4} \text{ г}$; $l_T^{\max} = 14,8 \cdot 10^{-4} \text{ г}$; $l_T^{\min} = 13,2 \cdot 10^{-4} \text{ г}$.

Анализ полученных численных данных показывает, что величина нормальных составляющих эксплуатационных механических напряжений попарно соединенных ветвей ТЕМ с односторонней фиксацией в 2,5-3 раза меньше, чем в случае ветвей ТЕМ с двухсторонней фиксацией [3]. Полная величина нормальных механических напряжений каждой ветви, а также направление вектора определяются пространственным взаиморасположением ветвей в пределах каскада.

Температурные деформации конструкций, обусловленные технологическими режимами сборки ТЕМ, также приводят к возникновению дополнительных технологических механических напряжений ветвей, которые в свою очередь определяются выражением [5]

$$\Sigma_T^i = \Delta_i / 2 \left[2(l_{pr}^{\min} + l_{pr}^{\max}) [1 - \beta_{pr}(T_2^i - T_1^i)] \frac{1}{E_{pr}} + (l_T^{\min} + l_T^{\max}) [1 - \beta_T(T_2^i - T_1^i)] \frac{1}{E_T} \right],$$

где $\Delta = (T_2 - T_1)[2\beta_{pr}(l_{pr}^{\min} - l_{pr}^{\max}) + \beta_T(l_T^{\max} - l_T^{\min})]$.

На рис. 3 представлена область значений нормальных составляющих технологических механических напряжений Σ_u при отклонении длины ветвей от номинальных размеров (Δ) и разброса значений модуля Юнга (E). Как показали проведенные расчеты, максимальные технологические механические напряжения, возникающие при $\Delta = 80 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, достигают значений $\Sigma = 33,7 \text{ МПа}$, а разность между их максимальным и минимальным значениями больше 5 МПа. С учетом того, что существующая технология ветвей ТЕМ обеспечивает разброс значений их длины в пределах до $50 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, технологические напряжения в этом случае, как следует из рис. 3, составляют 17–21 МПа, а разность между максимальным и минимальным значениями достигает 4 МПа. Уменьшение величины механических напряжений ветвей и соответствующее возрастание надежности ТЕМ достигается в случае применения однородных термоэлектрических материалов [7] и высокоточного технологического оборудования, а также использования односторонней фиксации ТЕМ.

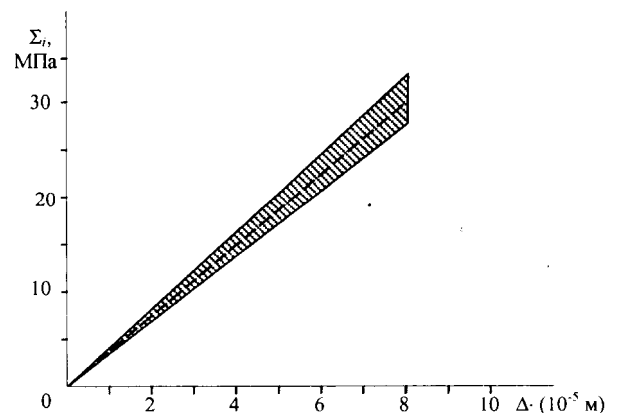


Рис. 3. Зависимость нормальных составляющих технологических механических напряжений Σ_T^i ТЕМ от отклонении длин ветвей от номинальных размеров и учета разброса значений модуля Юнга

Общая величина нормальных составляющих механических напряжений равна алгебраической сумме рассмотренных составляющих и помимо технологического разброса определяется еще и геометрическим взаиморасположением ветвей в пределах каскада. Их определение является отдельной задачей.

Величина нормальных составляющих эксплуатационных механических напряжений вет-

вей ТЕМ с односторонней фиксацией в 2,5—3 раза меньше аналогичных напряжений ветвей ТЕМ с двухсторонней фиксацией рабочих граней. Межкаскадное взаимодействие при этом отсутствует.

Литература

1. Вайнер Л. А. Каскадные термоэлектрические источники холода: — М.: Сов. радио. 1976. — 137 с.
2. Ащеулов А. А., Романюк И. С., Добровольский Ю. Г. и др. Охладители Пельтье повышенной надежности для фотоприемников // Прикладная физика. 2003. № 2. С. 114—117.
3. Ashcheulov A. A., Romanyuk I. S., Shaiko-Shaikovsky A. G. Procedure for assessment as strength parameters of multi-stage thermoelectric coolers// J. of Thermoelectricity. 1999. № 4. P. 57—62.

4. Ащеулов А. А., Шайко-Шайковский А. Г., Романюк И. С. Расчет механических напряжений и собственных колебаний двухкаскадной термоэлектрической батареи, используемой в термопунктуре// Термоэлектричество. 2000. № 4. С. 58—62.

5. Шайко-Шайковский А. Г., Ащеулов А. А. Конструктивно-технологические пути повышения надежности термоэлектрических батарей// ТКЭА. 2000. № 5—6. С. 8—12.

6. Анатычук Л. И., Лусте О. Я., Михальченко В. П. Об анизотропии упругих свойств термоэлектрических материалов// Термоэлектричество. 2003. № 3. С. 32—35.

7. Пат. 36796 А України, МПК Н 01 С 30 В 13/30, С 30 В 13/34. Спосіб отримання монокристалів твердих розчинів на основі телуриду вісмуту методом вертикальної зонної перекристалізації/ Ащеулов А. А., Добровольський Ю. Г., Романюк І. С. (Україна); ВП "Гермес-Кварц". № 2000020710; Заявл. 09.02.2000; Надр. 16.04.2001; Бюл. № 3. — 4 с.

Статья поступила в редакцию 10 октября 2004 г.

Mechanical strength of unilaterally fixed thermoelectric Peltier module

A. A. Ashcheulov, Yu. G. Dobrovolsky

Institute of Thermoelectricity, National Academy of Sciences and Ministry of Education of Ukraine, Chernivtsi, Ukraine

I. S. Romanyuk

"Photon-Quartz" Design and Technological Bureau, Chernivtsi, Ukraine

Normal components of mechanical stresses in the legs of thermoelectric Peltier modules (TEM) for the case of unilaterally fixed operating (hot) surface have been analyzed. Their value has been shown to be smaller by a factor of 1.5—3 than similar stresses in TEM legs with a bilateral fixing.

УДК 621.384.32

Упрощенный показатель эффективности воздушной тепловизионной аппаратуры

В. А. Овсянников, В. Л. Филиппов

ФГУП «НПО "Государственный институт прикладной оптики"», г. Казань, Россия

Для сравнения эффективности образцов воздушной тепловизионной аппаратуры предлагается использовать максимальную эффективную производительность — максимизированную по высоте носителя площадь местности, просматриваемую в единицу времени, в которой обеспечивается разрешение на местности не хуже требуемого значения. Дана методика расчета этого показателя.

Постановка задачи

К числу наиболее общих показателей эффективности воздушной тепловизионной аппаратуры (ВТА) относится среднее время вскрытия (обнаружения или распознавания) объекта, которое для случайного и регулярного поиска его в некоторой зоне площадью S_{Σ} определяется соответствующими формулами*

$$T_{ac} = \frac{S_{\Sigma}}{S_0 \bar{P}}; \quad T_{reg} = \frac{S_{\Sigma}}{S_0} \left(\frac{1}{\bar{P}} - \frac{1}{2} \right);$$

$$S_0 = VL_0; \quad L_0 = 2Htg\beta_0,$$

где V и H — скорость и высота носителя;

$2\beta_0$ — угол обзора ВТА;

\bar{P} — средняя по углу визирования β вероятность вскрытия объекта;

S_0 — площадь местности, просматриваемая в единицу времени.

* Алеев Р. М., Иванов В. П., Овсянников В. А. Основы теории анализа и синтеза воздушной тепловизионной аппаратуры. — Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2000.