

Д. т. н. А. А. АЩЕУЛОВ, д. ф.-м. н. И. В. ГУЦУЛ

Украина, г. Черновцы, Институт термоэлектричества, Черновицкий национальный ун-т им. Юрия Федьковича,
E-mail: om@inst.cv.ua

Дата поступления в редакцию
10.01 2006 г.

Оппоненты д. т. н. А. А. ДРУЖИНИН
(НУ "Львовская политехника", г. Львов),
д. т. н. В. В. ДАНИЛОВ (ДонНУ, г. Донецк)

АНИЗОТРОПНЫЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КООРДИНАТНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ЛИНЕЙКИ

Анизотропный оптикотермоэлемент может служить основой для создания различных координатно-чувствительных устройств, работающих в режимах как поверхностного поглощения, так и оптического пропускания.

Для определения координат излучающих объектов используются различные приемники ИК-излучения, в том числе и линейки [1]. Работа их чувствительных элементов основана на использовании фото- или пироэффектов с последующей модуляцией регистрируемого излучения. Безмодуляционные фотоэлектрические приемники квадрантного типа на основе отражающих пирамид и призм характеризуются селективностью своих спектральных характеристик [2, 3]. Вопрос создания неселективного безмодуляционного устройства для определения координат теплового пятна, вызванного падающим лучом в выбранном направлении, остается открытым.

Исследовались термоэлектрические поля анизотропных сред с различной степенью оптической прозрачности [4—6] для случая, когда площадь поперечного сечения падающего луча меньше площади рабочей грани анизотропного оптикотермоэлемента (АОТ). Исследования показали, что величина и знак возникающей поперечной термо-эдс характеризуются, с одной стороны, геометрией расположения теплового пятна, вызванного лучом, с другой — местонахождением токосъемных контактов [7, 8]. Это позволило сделать выводы о том, что в определенных условиях АОТ может служить основой для создания различных координатно-чувствительных устройств, в том числе и однокоординатно-чувствительных анизотропных термоэлектрических линеек (АТЛ), работающих в режимах как поверхностного поглощения, так и оптического пропускания.

Целью настоящей работы является экспериментальная оценка координатной чувствительности таких АТЛ.

Результаты теоретических исследований и численного моделирования показывают [9], что при луче точечной формы (здесь δ — функция точечного источника тепла, определяемого его формой)

$$Q(x, y) = Q \cdot \delta(x - x_0, y - y_0) \quad (1)$$

разность потенциалов ξ , возникающая в "активной" части объема АОТ, может быть представлена в виде

$$\xi(x, y) = \frac{Q}{\pi k} \cdot \frac{\alpha_{13}(x - x_0) + \alpha_{23}(y - y_0)}{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}, \quad (2)$$

где x_0, y_0 — координаты падающего луча на верхней грани АОТ;

$Q = \int q ds$ — поток тепла, вызванный падающим лучом;

q — плотность теплового потока;

α_{13}, α_{23} — компоненты тензора термо-эдс;

k — теплопроводность материала АОТ.

В свою очередь эта разность потенциалов обуславливает возникновение на боковых и торцевых гранях АОТ распределение соответствующих падений напряжения U_x и U_y , которые и позволяют определить координаты падающего луча. Эта особенность была использована в двух конструкциях однокоординатночувствительных АТЛ [10, 11], работающих в режиме поверхностного оптического поглощения (рис. 1).

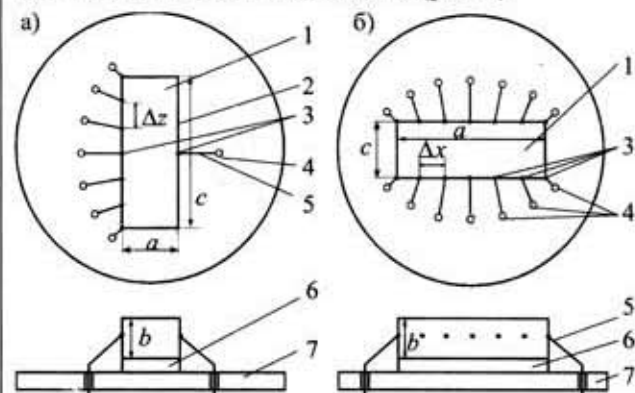


Рис. 1. Конструкции АТЛ:

1 — АОТ; 2 — металлический слой; 3 — электрические микроконтакты; 4 — электровыводы; 5 — соединительные проводники; 6 — диэлектрическая теплопроводящая прокладка; 7 — термостатированный корпус

Основным их элементом является АОТ 1, нижняя рабочая грань ($a \times c$) которого через теплопроводящий диэлектрический слой 6 находится в тепловом контакте с термостатированным корпусом 7. АОТ выполнен из термоэлектрически анизотропного материала в виде четырехгранной прямоугольной призмы так, что кристаллографические оси с минимальным и максимальным значениями термо-эдс расположены в плоскости боковой грани ($a \times b$) и ориентированы под оптимальным углом $\varphi = 45^\circ$ [4] к ее нижней рабочей грани.

В первой конструкции АТЛ (рис. 1, а) одна из торцевых граней АОТ ($b \times c$) содержит $n+1$ точечных электрических микроконтактов, расположенных вдоль ширины c равномерно, через расстояния c/n . Другая торцевая грань АОТ ($b \times c$) содержит электрический контакт в виде металлического слоя, распределенного по всей ее площади. Микроконтакты 3 с помощью микропроводов 5 соединены с расположенными в корпусе 7 электровыводами 4.

Во второй конструкции АТЛ (рис. 1, б) электрические микроконтакты 3 расположены попарно симметрично на обеих боковых гранях ($a \times b$) АОТ через расстояние a/n по длине a .

Общее количество микроконтактов n_x или n_z соответственно вдоль длины a (при $a > b$) или ширины c (при $c > b$) определяется необходимой величиной разрешающей способности АТЛ. Проведенные исследования показали, что ее максимальное значение определяется радиусом r точечного микроконтакта 3 и выбирается не менее $6r$ при выполнении условий $r \ll b$ и $\Delta x \gg r$ (рис. 1, а) или $\Delta z \gg r$ (рис. 1, б). Дальнейшее уменьшение расстояний между контактами ведет к уменьшению чувствительности АТЛ. Общее количество микроконтактов, отвечающее максимальному значению разрешающей способности по длине a или ширине c этих линеек, составляет $n_x = 0,6(a/r)$ или $n_z = 0,6(c/r)$, соответственно.

Вольт-ваттная чувствительность S_x и S_z рассматриваемых АТЛ определяется следующими соотношениями:

$$S_x = \frac{\alpha_{13}}{k} \cdot \frac{n}{a}; \quad (3)$$

$$S_z = \frac{\alpha_{13}}{k} \cdot \frac{n}{c}. \quad (4)$$

Экспериментальные исследования опытных образцов АТЛ проводились с помощью лазера типа ЛГ-126, излучающего на длинах волны λ 0,56; 1,12 и 3,36 мкм энергию плотностью порядка 1 мВт/мм². Неселективное излучение создавалось установкой «черного тела» типа АЧТ-1А, позволяющей задавать излучение с необходимыми энергетическими и геометрическими распределениями. Для исследований были изготовлены АОТ различных размеров из материалов на основе CdSb [12]. Верхняя рабочая грань АОТ содержала неселективное поглощающее покрытие. Перемещение АТЛ относительно падающего луча осуществлялось двухкоординатным столиком в плоскости (xOz) с точностью 10 мкм. Диаметр теплового пятна, вызванного падающим лучом, составлял 0,4—0,5 мм.

На рис. 2 представлены зависимости распределения потенциалов на электрических микроконтактах для двух рассмотренных конструкций АТЛ.

Приведенные результаты показывают, что исследованные АТЛ характеризуются различной координатной чувствительностью. Их можно использовать в качестве устройств, позволяющих определять, с одной стороны, координаты падающего луча в широком спектральном диапазоне, с другой — распределение лучистых потоков и температуры в необходимом геометрическом направлении. Изменение гео-

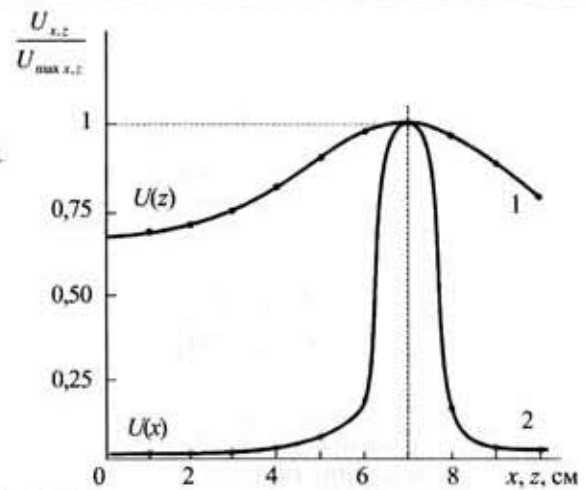


Рис. 2. Зависимость распределения потенциалов на электрических микроконтактах АТЛ:

1 — $a=10$ мм, $b=2$ мм, $c=1$ мм, $\Delta z=1$ мм, координата точки падения луча $x_0=7$ мм (см. рис. 1, а); 2 — $a=1$ мм, $b=2$ мм, $c=10$ мм, $\Delta x=1$ мм, координата точки падения луча $z_0=7$ мм (см. рис. 1, б)

метрических размеров АОТ позволяет в некоторых пределах управлять величиной крутизны координатной чувствительности. В случае высоких плотностей падающих лучистых потоков используется режим оптического пропускания [6].

Таким образом, АОТ может служить реальной основой для создания различных безмодуляционных АТЛ, работающих в широком спектральном и динамическом диапазонах.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Криксунов Л. З. Справочник по основам инфракрасной техники.— К.: Техника, 1980.
2. Кравцов Н. В., Стрельников Ю. В. Позиционно-чувствительные датчики оптических следящих систем.— М.: Наука, 1969.
3. Катус Г. П. Оптические датчики температуры.— М.: Энергоиздат, 1969.
4. Анатъчук Л. И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства.— К.: Наукова думка, 1979.
5. Снарский А. А., Пальти А. М., Ашеулов А. А. Анизотропные термоэлементы // ФТП.— 1997.— Т. 31, № 11.— С. 1281—1298.
6. Ашеулов А. А., Гуцул И. В. Исследование АОТ в случае различных оптических и тепловых режимов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2005.— № 4.— С. 10—18.
7. А. с. 1141954 СССР. Анизотропный термоэлектрический приемник неселективного излучения / А. А. Ашеулов, В. И. Ильин, В. М. Кондратенко, И. М. Раренко.— 22.10.84.
8. Ашеулов А. А., Беспалько В. В., Раренко А. И. Координатно-чувствительный анизотропный термоэлектрический приемник излучения // Оптический журнал.— 1994.— № 2.— С. 51—53.
9. Снарский А. А., Аджигай А. Г., Ашеулов А. А. Координатно-чувствительный анизотропный приемник излучения. Аналитическое описание и численное моделирование // Термоэлектричество.— 2005.— № 1.— С. 84—190.
10. Пат. 63394А України. Анизотропний термоелектричний приймач випромінювання / А. А. Ашеулов, В. Г. Охрем.— 2004.— Бюл. № 1.
11. Пат. 65332А України. Анизотропний термоелектричний приймач випромінювання / А. А. Ашеулов.— 2004.— Бюл. № 3.
12. Ашеулов А. А., Воронка Н. К., Маренкин С. Ф., Раренко И. М. Получение и использование оптимизированных материалов из антимонида кадмия // Неорганические материалы.— 1996.— Т. 12, № 9.— С. 1049—1060.