

Ю.А. АБРАМЯН, С.Г. МАРТИРОСЯН, С.С. ГЁЗАЛЯН

РАЗРАБОТКА ПРИЕМНИКА ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $A^{IV}B^{VI}$ И ИСТОЧНИКА ТЕПЛА ДЛЯ ГРАДУИРОВКИ

Разработаны методика изготовления матрицы приемника теплового излучения (теплоприемников) на основе твердых растворов $A^{IV}B^{VI}$, а также точечный, малогабаритный аналог черного тела (АЧТ) с электронной схемой стабилизации температуры и с малым потреблением электроэнергии. Приводится методика проведения измерений для определения чувствительности теплоприемников. Выявлена возможность дистанционного измерения температуры с точностью порядка 0,02(С).

Ключевые слова: теплоприемник, излучение, температура, аналог черного тела.

Известно, что любые тела, температура которых не равна абсолютному нулю, излучают электромагнитные колебания всех длин волн, поэтому измерением интенсивности излучения можно дистанционно определить температуру тела. Термоэлектрические приборы сегодня находят широкое применение в оптоэлектронных системах для измерения энергии и мощности излучения окружающих объектов [1-3].

В последние годы ведутся исследования по совершенствованию принципов выращивания твердых растворов $A^{IV}B^{VI}$, легированию их определенными примесями и снижению их стоимости изготовления для применения в качестве тепловых датчиков в термоэлектрических приборах. Нами разработан модифицированный метод выращивания соединений $A^{IV}B^{VI}$ ($Pb_{1-x}Sn_x<In,Cd,Ge>$) с минимальной затратой электроэнергии и более простым наклонным методом Бриджмена. На основе данной методики, в зависимости от содержания In и Cd, материалы имели проводимость "n" и "p" типа.

Для повышения чувствительности теплоприемников была сконструирована матрица из большого количества (8...20) элементов "n" и "p" типов. Схема соединения приведена на рис.1а.

Для уменьшения занимаемой площади теплоприемников в пространстве они сгруппированы в виде звездочки, в центре которой находятся приемные теплочувствительные площадки, а по краям - холодные термостатированные площадки (рис.1б). Термопары попарно включены последовательно. Холодные концы опираются на края массивной металлической основы в форме медной чашки (рис.2).

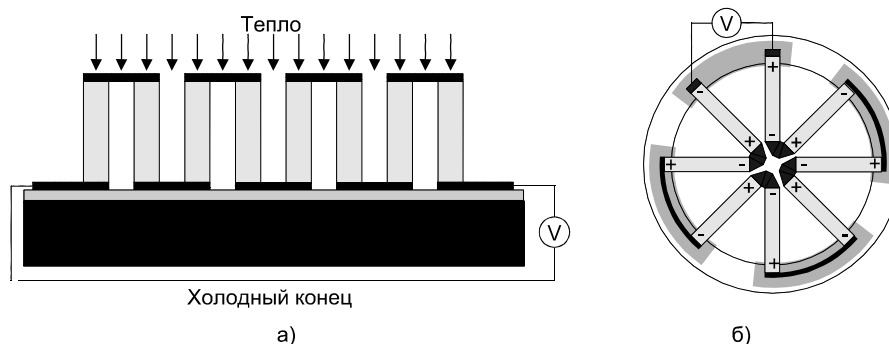


Рис.1

Центральные теплочувствительные концы покрыты тонким слоем черной теплопроводящей и электроизоляционной пасты. Поэтому центральная часть имеет коэффициент излучения $\varepsilon_t \approx 1$.

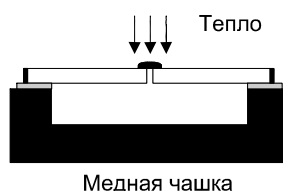


Рис.2

Для измерения чувствительности тепловых приемников используют специальный источник теплового излучения – черное тело. Так как в природе нет идеального черного тела, то обычно используют его аналоги. В [4] приведены несколько разновидностей эталонных источников излучения (штифт Нернста, полый шар, полый цилиндр, полый конус и т.д.). Температура АЧТ устанавливается в интервале $300...800\text{ K}$ и стабилизируется с погрешностью не хуже $0,1...0,5\text{ K}$. Эти конструкции имеют довольно большие размеры, материалоемки и требуют значительных энергозатрат для поддержания заданной температуры ($100...1500\text{ Вт}$) (табл. 3.10, [4]).

В данной работе предлагается конструкция АЧТ, где в качестве излучателя используется провод из окисленного нихрома диаметром 1 мм , согнутый в виде вытянутой буквы “U”. Согнутый конец придавливается таким образом, что образуется пленка размером $2 \times 2 \times 0,1\text{ мм}$. Этот участок имеет высокое объемное сопротивление и при прохождении электрического тока нагревается больше, чем остальная часть проволоки, тем самым он становится точечным источником тепла. Остальная часть проволоки залуживается с целью уменьшения сопротивления и, соответственно, температуры. На рис.3 показан вид нагревателя (источника тепла) сбоку.

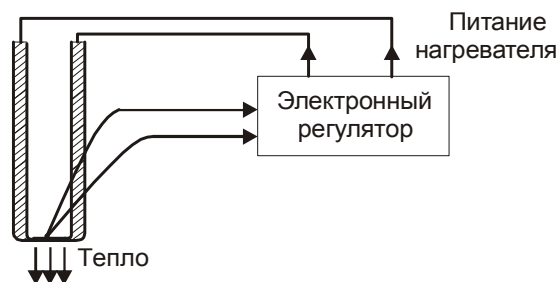


Рис.3

В качестве датчика температуры используется термопара медь-константан. Термочувствительный конец термопары прижимается к плоской части нагревательного элемента с внутренней стороны буквы “U” (рис.3). Для стабилизации температуры плоской части нагревателя (источника тепла) был разработан электронный регулятор температуры, принципиальная схема которого приведена на рис.4. Электронная схема разработана на базе прецизионных операционных усилителей типа ОР-07. Для исключения электрических наводок на входе усилителя напряжения термопары от проходящего через нагревательный элемент тока питание нагревателя осуществляется через изолирующий трансформатор 220/4 В. Коммутация тока осуществляется с помощью тиристорных ключей. Гальваническая изоляция управления обеспечивается с помощью геркона. На принципиальной схеме R19 является нагревательным элементом. Сопротивление R20 ограничивает ток нагревательного элемента. Температура нагревательного элемента регулируется с помощью R18 в пределах 50...400°C. Напряжение термопары усиливается предварительным усилителем на микросхеме DA1.

На DA2 собран компаратор, который сравнивает напряжение термопары с опорным напряжением от R18. Для получения высокостабильного опорного напряжения используется прецизионный стабилитрон VD5, питаемый генератором постоянного тока на VT1 [5,6].

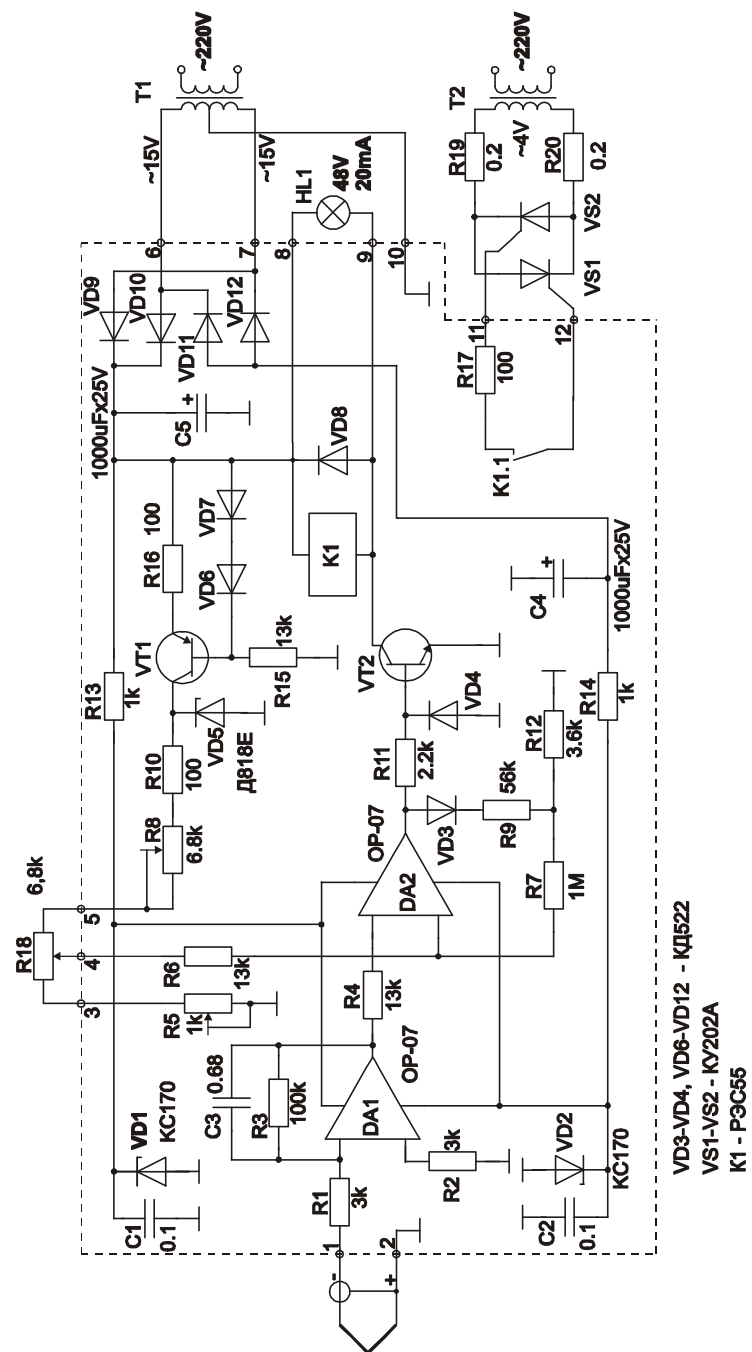


Рис.4

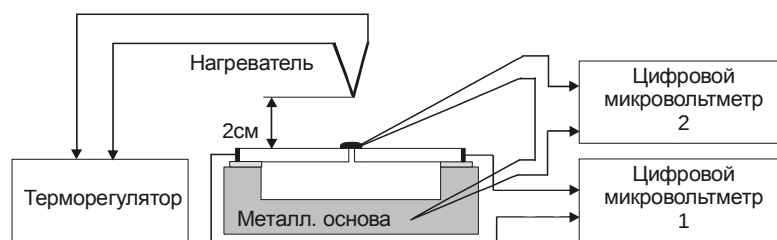


Рис.5

Измерения чувствительности теплоприемника проводятся по структурной схеме, приведенной на рис.5. Конец нагревательного элемента находится на высоте над центром теплоприемника на расстоянии 2 см. С помощью микровольтметра 1 измеряется выходное напряжение теплоприемника U_t , а с помощью микровольтметра 2 - выходное разностное напряжение двух термопар, одна из которых закреплена в центре (“горячий конец”), а другая - на краю (“холодный конец”) теплоприемника. С помощью переводной табл.1 [7] определяется разностная температура между “горячим” и “холодным” концами теплоприемника Δt .

Таблица 1

$\Delta t, ^\circ C$	50	100	150	200	250	300	350	400
ТермоЭДС, мВ	2,03	4,28	6,70	9,28	12,01	14,86	17,81	20,87

По результатам измерений рассчитывается чувствительность теплоприемника:

$$S = \frac{U_t \text{ мкВ}}{\Delta t \text{ град}}.$$

Усредненные значения чувствительности теплоприемника по 10-и измерениям для разных значений температуры излучателя приведены в табл.2.

Таблица 2

Температура излучателя, $^\circ C$	Выходное напряжение теплоприемника, мкВ	Разностное напряжение термопар, мкВ	Разностная температура между “горячим” и “холодным” концами, $^\circ C$	Чувствительность теплоприемника, мкВ/ $^\circ C$
100	115	4	0,08	1236
200	300	10	0,21	1428
300	540	18	0,38	1500
400	720	24	0,5	1200

Зависимость чувствительности матричного теплоприемника от температуры объекта измерения в общей форме совпадает с характеристикой зависимости, приведенной в [1] для одного элемента. Чувствительность матрицы изготовленного образца в четыре раза больше, чем у одного элемента.

На рис. 6 приведен график зависимости разностной температуры между “горячим” и “холодным” концами теплоприемника от температуры источника излучения.

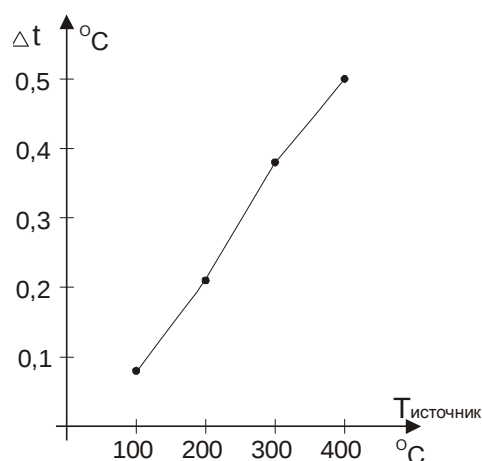


Рис. 6

Измерения проводились при температуре окружающей среды (холодных концов) 16°C . С целью повышения точности и повторяемости измерений они проводились при отсутствии прямого солнечного освещения и ограничении воздушных потоков, резко влияющих на стабильность измерений. Погрешность измерения температуры (или тепловой уход во время измерений) зависит от стабильности поддержания температуры основания теплоприемника и в данном эксперименте составляет по напряжению $\Delta U = 1 \text{ мкВ}$.

Для определения погрешности по температуре рассчитывается величина разностной температуры термопары медь-константан, при которой на ее концах возникает напряжение $\Delta U = 1 \text{ мкВ}$.

По данным табл.1 определяется обратная величина чувствительности термопары медь-константан:

$$K = \frac{1}{S} = \frac{\Delta t}{U_{\text{Т.ЭДС}}} \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{мкВ}},$$

$$K_1 = \frac{50^{\circ}\text{C}}{2,03 \cdot 10^3 \text{ мкВ}} = 0,025 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{мкВ}} \text{ при } 50^{\circ}\text{C},$$

$$K_2 = \frac{400^{\circ}C}{20,87 \cdot 10^3 \text{ мкВ}} = 0,02 \frac{^{\circ}C}{\text{мкВ}} \text{ при } 400^{\circ}C.$$

В данном эксперименте погрешность измерения температуры составляла $0,02^{\circ}C$.

Из этого следует, что с помощью этого теплоприемника можно дистанционно измерять температуру с погрешностью порядка $0,02^{\circ}C$.

На основе проведенных измерений можно сделать следующие выводы:

1. Показана возможность упрощения конструкции аналога черного тела для практических измерений чувствительности теплоприемников (с точностью 1...5 %).
2. Разработанный АЧТ имеет малые габариты и энергопотребление ($<15 \text{ Вт}$).
3. Разработанный теплоприемник на основе твердых растворов соединений $A^{IV}B^{VI}$ позволяет дистанционно измерять температуру с погрешностью порядка $0,02^{\circ}C$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Abrahamyan Yu. A., Martirosyan R. M., Gasparyan F. V., Kocharyan K.** Method and materials for Remote Sensing. Infrared Photo-Detectors, Radiometers and Arrays. - Kluwer Academic Publishers. Boston/Dordrecht/New York/London, 2004.-160 p.
2. **Абрамян Ю.А., Гаспарян Ф.В., Мартиросян Р.М.** Пороговые характеристики фотодетекторов. ИК-радиометры и основные материалы современной фотоэлектроники. - Ереван: Изд-во ЕГУ, 2000.-153с.
3. **Abrahamyan Yu. A., Aroutionian V. M.** Investigation of Thermoelectric Parameters of Solid Solution $Pb_{1-x}Sn_xTe<Cd>$ and Determination of their Application // Materials science and Engineering. -2004. - V.107. - P. 80-85.
4. **Криксунов Л.З.** Справочник по основам инфракрасной техники. - М.: Советское радио, 1978. – 400с.
5. **Гальперин М.В.** Практическая схемотехника в промышленной автоматике. - М.: Энергоатомиздат, 1987.– 320с.
6. **Хоровиц П., Хилл У.** Искусство схемотехники. – М.: Мир, 1986. - Т.1.– 598с.
7. **Рогельберг И.Л., Бейлин В.М.** Сплавы для термопар. – М.: Металлургия, 1983. – 360с.

Ин-т радиофизики и электроники НАН РА. Материал поступил в редакцию 15.05.2007.

Յու.Ա. ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ, Ս.Գ. ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ, Ս.Ս ԳՅՈԶԱԼՅԱՆ

**A^{IV}B^{VI} ՊԻՆԴ ԼՈՒԾՈՒՅԹՆԵՐԻ ՀԻՄԱՆ ՎՐԱ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԸՆԴՈՒՆԻՉԻ ԵՎ ՆՐԱ
ԱՍՏԻՃԱՆԱՎՈՐՄԱՆ ՀԱՄԱՐ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԱՂՔՑՈՒՐԻ ՄՇԱԿՈՒՄ**

Մշակվել է A^{IV}B^{VI} պինդ լուծույթների հիման վրա ջերմաընդունիչների մատրիցի պատրաստման մեթոդիկա, ինչպես նաև կետային, փոքրածավալ օսն մարմնի անալոգ՝ ջերմաստիճանի էլեկտրոնային կարգավորմամբ և էլեկտրաէներգիայի փոքր սպառմամբ: Բերված է ջերմաընդունիչների զգայունության որոշման նպատակով չափումների անցկացման մեթոդիկա: Պարզվել է ջերմաստիճանի հեռակա չափման հնարավորությունը 0,02°C կարգի ճշտությամբ:

Առանքային բառեր. ջերմաընդունիչ, ճառագայթում, ջերմաստիճան, օսն մարմին:

YU.A. ABRAHAMYAN, S.G. MARTIROSYAN, S.S. GYOZALYAN

**DEVELOPMENT OF THERMAL RADIATION DETECTOR BASED ON A^{IV}B^{VI} SOLID SOLUTIONS
AND THERMAL RADIATION SOURCE
FOR CALIBRATION**

A matrix-manufacturing method of thermal detectors based on A^{IV}B^{VI} solid solutions is developed. A spot, small-dimensional analog of blackbody radiation source (BRS) consumes low power and includes a temperature stabilization circuit. Sensitivity measurement method of such thermal detectors is described. Remote measurement of radiation temperature with accuracy 0.02°C is revealed.

Keywords: thermal receiver, radiation, temperature, blackbody.