



УКРАЇНА

(19) UA (11) 7482 (13) C1

(51) G 01 J 5/02

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ БЕЗКОНТАКТНОГО ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(21) 94021822

(22) 23.02.94

(46) 29.09.95. Бюл. № 3

(56) 1. Патент Японії № 60-257312, МКИ G 01 J 5/10, 1987.

2. Авторське свідоцтво СРСР № 1679216, МКИ G 01 J 5/02, 1980.

3. Поскачій А.А., Чубаров Е.П. "Оптико-електронні системи вимірювання температури", М. Енергоатоміздат, 1988, с. 190, 191 (прототип).

(71) Київське спеціалізоване орендне підприємство "Будавтоматика"

(72) Горшунова Ніна Миколаївна, Іванник Геннадій Васильович, Карпенко Василь Григорович, Чимісов Юрій Михайлович

(73) Горшунова Ніна Миколаївна (UA), Іванник Геннадій Васильович (UA)

(57) 1. Спосіб безконтактного вимірювання температури, що включає в себе, що по-перше, первинний преобразователь по-очередно приймає теплове випромінювання об'єкта з температурою  $T_x$  і два сигнали, рівень яких відповідає інтенсивності випромінювання абсолютно чорного тіла при двох різних температурах  $T_1$  і  $T_2$ , перетворює їх в електричні сигнали відповідно  $U_x$ ,  $U_1$  і  $U_2$ , по співвідношенню яких визначають шукану температуру  $T_x$ , о т л и ч а ю щ и с я т е м , ч т о інформація про інтенсивність випромінювання абсолютно чорного тіла отримують шляхом впливу попередньо каліброванними еквівалентними випромінювання абсолютно чорного тіла сигналами безпосередньо на чутливий елемент первинного преоб-

2

разователя, а температуру  $T_x$  контролюємого об'єкта визначають як функцію  $T_x = f [T_1, T_2(U_x - U_1)/(U_1 - U_2)]$ .

2. Устрій безконтактного вимірювання температури, що містить оптичну систему, первинний преобразователь, модулятор, блок обробки і управління, реєстратор, причому вихід оптичної системи зв'язаний з входом первинного преобразователя, вихід якого підключений до входу блоку обробки і управління, перший вихід якого з'єднаний з входом реєстратора, а другим вихідом - з модулятором, о т л и ч а ю щ е с я т е м , ч т о в устрій введений формувальник еквівалентних випромінювань абсолютно чорного тіла впливу, зв'язаний з первинним преобразователем і блоком обробки і управління.

3. Устрій за п.2, о т л и ч а ю щ е с я т е м , ч т о формувальник еквівалентних випромінювань абсолютно чорного тіла впливу містить генератор електричних імпульсів і резистивний нагрівач, розміщений з чутливим елементом первинного преобразователя, причому вхід резистивного нагрівача з'єднаний з виходом генератора, вхід якого з'єднаний з третім виходом блоку обробки і управління.

4. Устрій за п.3, о т л и ч а ю щ е с я т е м , ч т о резистивний нагрівач виконаний у вигляді плівочного елемента, нанесеного через ізоляційний шар на поверхню чутливого елемента первинного преобразователя.

(19) UA (11) 7482 (13) C1

Изобретение относится к измерительной технике, в частности, к методам и средствам бесконтактного измерения температуры, и может найти применение в стекольной, текстильной, химической, металлургической и других отраслях промышленности.

Большинство известных методов бесконтактного измерения температуры основано на закономерностях теплового излучения тел, по интенсивности или спектральному распределению которого определяют температуру контролируемого объекта. Общим и наиболее трудноустраняемым недостатком указанных методов, используемых обычно радиационными или оптическими, является большая погрешность измерения, обусловленная влиянием многих дестабилизирующих факторов, особенно в результате изменения параметров окружающей обстановки. Уровень помех в таких условиях может многократно превышать полезный сигнал, генерируемый ИК-преобразователем под воздействием излучения от термометрируемого объекта. Поэтому традиционные методы введения поправок в показания прибора являются малоэффективными, особенно при измерении температуры слабонагретых тел.

В настоящее время в измерительной технике наметилась тенденция к разработке систем, функционирующих в режиме непрерывной калибровки непосредственно в процессе измерения. Калибровку реализуют с помощью эталонных воздействий и последующей обработки по заданному учитывающему помехи алгоритму средствами вычислительной техники. Фактически, процесс измерения и калибровки осуществляется в одно и то же время и в одних и тех же условиях, что позволяет уменьшить погрешность до значения погрешности эталонных воздействий в обстановке измерения.

Подобные методы измерения находят применение и в радиационной пирометрии. Известен способ измерения температуры, приведенный в описании принципа действия ИК-термометра [1]. Сущность способа заключается в том, что посредством оптико-механического сканирования прибор последовательно наводит на первое абсолютно черное тело, второе абсолютно черное тело и на контролируемый объект. При этом температура первого черного тела отличается от температуры второго. По разности показаний пирометра при переходе от одного абсолютно черного тела к другому формируют вспомогательный сигнал, который используют в качестве меры отклонения коэффициента преобразования пирометра,

обусловленного изменением параметров окружающей среды, в частности, температуры. Искомую температуру определяют по сигналу, соответствующему излучению от контролируемого объекта, и вспомогательному сигналу, причем последний используют для компенсации погрешности измерения путем коррекции коэффициента преобразования пирометра

Основным недостатком этого способа измерения является сложность корректного получения эталонных потоков излучения, воздействующих на ИК-преобразователь. Рабочий температурный диапазон ограничен возможностью изготовления эталонных излучателей на низкие и высокие температуры. Кроме того, способ измерения требует применения сложной операции оптико-механического сканирования.

Известен радиационный пирометр [2], функционирующий по аналогичному способу измерения. Прибор содержит оптическую систему, два опорных излучателя, оптико-механическое сканирующее устройство в виде зеркального модулятора, блок обработки и управления, регистратор.

Основными недостатками устройства являются сложная, громоздкая конструкция с движущимися деталями и вынесенными за пределы оптической системы излучателями и низкая точность измерения, обусловленная погрешностью калибровочных ИК-потоков от опорных излучателей.

Наиболее близким по сущности и достигаемому результату к заявляемому является способ бесконтактного измерения температуры [3], заключающийся в последовательном определении интенсивностей тепловых потоков от термометрируемого объекта и двух эталонных источников. Причем, в качестве источников используют два размещенных в оптической камере опорных излучателя. Радиационную температуру последних определяют сравнением с излучением абсолютно черного тела в процессе предварительной калибровки и в виде констант заносят в запоминающее устройство системы. Чередующееся облучение ИК-преобразователя потоками от опорных излучателей и объекта осуществляют с помощью операции оптико-механического сканирования упомянутых тел. По уровню электрических сигналов, соответствующих эталонным потокам, корректируют коэффициент усиления, уменьшая тем самым мультипликативную составляющую погрешности. Дрейф усилителей компенсируют по контролируемой в нескольких точках температуре стенок оптической камеры. Искомую температуру вычисляют по сигналам, соответствующим

излучению от объекта и опорных излучателей с учетом определенных ранее констант

Основным недостатком этого способа измерения является низкая точность, обусловленная погрешностями калибровочных потоков излучения от опорных излучателей. Источником эталонного излучения является абсолютно черное тело, представляющее собой дорогое и сложное устройство, которое можно воспроизвести с достаточной точностью только в лабораторных условиях. Особенно сложно сформировать лучистые потоки для отрицательных температур и выше  $1700^{\circ}\text{C}$ , что ограничивает температурный диапазон данного способа. Кроме того, в процессе измерения устраняют только часть аддитивной погрешности, связанной с дрейфом усилителей. Другие ее составляющие, возникающие, например, из-за собственного излучения оптики и внутренних узлов оптической камеры на ИК-преобразователь, электрических наводок и других причин, остаются без изменений. Недостатком способа является также необходимость применения сложной операции оптико-механического сканирования для последовательной подачи тепловых потоков от объекта и опорных источников на ИК-преобразователь.

Поставлена задача создания нового способа бесконтактного измерения температуры, при использовании которого повышается точность измерения, расширяется диапазон измеряемых температур и упрощается средство реализации способа.

Поставленная задача решается тем, что в способе бесконтактного измерения температуры, заключающегося в том, что посредством первичного преобразователя поочередно принимают тепловое излучение контролируемого объекта с температурой  $T_x$  и два сигнала, уровень которых соответствует интенсивности излучения абсолютно черного тела при двух различных температурах  $T_1$  и  $T_2$ , преобразуют их в электрические сигналы соответственно  $U_x$ ,  $U_1$  и  $U_2$ , по соотношению которых определяют искомую температуру  $T_x$ , согласно изобретению, информацию об интенсивности излучения абсолютно черного тела получают путем воздействия предварительно откалиброванными эквивалентными излучению абсолютно черного тела сигналами непосредственно на чувствительный элемент первичного преобразователя, а температуру  $T_x$  контролируемого объекта определяют как функцию  $T_x = f[(T_1, T_2) (U_x - U_1) / (U_1 - U_2)]$ , посредством которой устраняют мультипликативную и аддитивную составляющие погрешности.

Наиболее близким по сущности к заявляемому является устройство для бесконтактного измерения температуры [3], с помощью которого реализуется описанный выше способ измерения, состоящий из оптической камеры, блока обработки и управления, регистратора. Оптическая камера содержит объектив, зеркально-призмное сканирующее устройство, два опорных излучателя, ИК-преобразователь, три контактных датчика температуры стенок камеры, усилителя, запоминающее устройство. По существу это устройство представляет собой сканирующий пирометр, функционирующий в режиме автоматической калибровки, осуществляемой с помощью двух опорных излучателей, непосредственно в процессе и обстановке измерения.

Недостатками этого устройства измерения температуры являются:

1) использование дорогой и сложной конструкции оптико-механического сканирующего блока, требующего применения высокостабильного электромеханического привода и точной трудоемкой юстировки всей системы, вследствие чего уменьшается ее надежность;

2) необходимость размещения в оптической камере опорных излучателей, которые нуждаются в строгой термостабилизации и периодической калибровке по абсолютно черному телу;

3) низкая точность измерения, обусловленная невозможностью изготовления стабильных малогабаритных эталонных излучателей с характеристиками абсолютно черного тела в условиях изменяющихся параметров окружающей среды и наличием источников неучтенных аддитивных помех, например, изменяющихся инфракрасных фоновых засветок от внутренних узлов и деталей оптической камеры, электрических наводок и т.д.;

4) ограниченный диапазон измеряемых температур, обусловленный предельными значениями температур опорных излучателей.

Поставлена задача создания нового устройства бесконтактного измерения температуры, функционирующего по заявляемому способу, в котором путем изменения конструкции упрощается средство измерения, уменьшаются его габариты, увеличивается надежность наряду с повышением точности и расширением рабочего температурного диапазона.

Поставленная задача решается тем, что в устройство для реализации способа бесконтактного измерения температуры, содержащее оптическую систему, первичный преобразователь, модулятор, блок обработ-

ки и управления, регистратор, причем выход оптической системы связан с входом первичного преобразователя, выход которого подключен к входу блока обработки и управления, первый выход которого соединен со входом регистратора, а второй выход — с модулятором, согласно изобретению, введен формирователь эквивалентных излучению абсолютно черного тела воздействий, связанный с первичным преобразователем и блоком обработки и управления.

Формирователь эквивалентных излучению абсолютно черного тела воздействий содержит генератор электрических импульсов и резистивный нагреватель, совмещенный с чувствительным элементом первичного преобразователя, причем вход резистивного нагревателя соединен с выходом генератора, вход которого соединен с третьим выходом блока обработки и управления.

Резистивный нагреватель выполнен в виде пленочного элемента, нанесенного через изоляционный слой на поверхность чувствительного элемента первичного преобразователя.

Точность задания калибровочных эквивалентных воздействий в виде электрической мощности, подводимой к резистивному нагревателю, на порядок выше точности задания потоков теплового излучения с помощью опорных излучателей. За счет этого заявляемый способ и устройство для его реализации имеют более высокую точность измерения, т.к. она определяется погрешностью задания калибровочных воздействий на чувствительный элемент первичного преобразователя.

Задание на резистивный нагреватель электрической мощности, тепловое воздействие которой на чувствительный элемент эквивалентно излучению абсолютно черного тела при температурах выше  $1700^{\circ}\text{C}$ , позволяет расширить диапазон измеряемых температур.

Исключение опорных излучателей и сложной операции оптико-механического сканирования значительно упрощает конструкцию средства измерения, его обслуживание и юстировку, уменьшает габариты и увеличивает надежность.

Предложенные способ и устройство сохраняют работоспособность в широком диапазоне изменения параметров окружающей среды, в частности, температуры.

В общем случае, эквивалентные излучению абсолютно черного тела сигналы, задаваемые непосредственно на чувствительный элемент первичного преобразователя могут иметь различную физиче-

скую природу. Она определяется типом используемого первичного преобразователя. Так, если применяют оптико-акустический приемник излучения, эквивалентное воздействие можно задать, изменяя объем камеры с газом, одна из стенок которой сделана в виде тонкой и гибкой пленки — мембраны. При этом изменяется давление газа и возникает деформация мембраны, которая регистрируется. Деформация должна быть такой, как и при воздействии излучения абсолютно черного тела на первичный преобразователь. При использовании приемников излучения на основе термоупругого эффекта в кристаллическом кварце эквивалентное воздействие можно задать путем механических деформаций кварцевой пластинки.

На чертеже изображена блок-схема устройства для реализации заявляемого способа.

Оптическая система 1 установлена перед чувствительным элементом первичного преобразователя 2, выход которого соединен со входом блока 3 обработки и управления. Третий выход блока 3 соединен со входом генератора 4 электрических импульсов, выход которого соединен с резистивным нагревателем 5. Резистивный нагреватель 5 совмещен с чувствительным элементом и они представляют собой единый малогабаритный конструктивный элемент — первичный преобразователь 2. Генератор 4 и резистивный нагреватель 5, совмещенный с чувствительным элементом, образуют формирователь эквивалентных излучению абсолютно черного тела воздействий 6. Первый выход блока 3 обработки и управления соединен со входом регистратора 7, а второй выход — со входом модулятора 8, выполненного в виде шторки, периодически перекрывающей поле зрения оптической системы устройства.

Оптическую систему 1 подбирают исходя из требуемого поля зрения и спектрального диапазона измерений. Она может быть линзовой, зеркальной или щелевой. В конкретном исполнении оптическая система содержит вогнутое зеркало, в фокусе которого размещен первичный преобразователь. Рабочий спектральный диапазон измерения формирует многослойный интерференционный фильтр, расположенный перед приемной площадкой чувствительного элемента преобразователя 2. Последний представляет собой тепловой приемник излучения, в конкретном случае — тонкопленочную термобатарейку. Рабочие спай термобатарейки образуют приемную площадку, на которую нанесен через изоляционный слой рези-

стивный нагреватель 5, представляющий пленочный элемент, например, из нихрома, нанесенный методом вакуумного испарения. Термобатарея с нагревателем расположена в корпусе типа ТО-5 ЩИО.780.000 ТУ и является единым конструктивным элементом — первичным преобразователем.

Генератор 4 электрических импульсов содержит источник опорного напряжения, собранный на операционном усилителе типа КР140УД1208 БКО.348.095-06 ТУ и стабилизаторе типа КС 191Ж аАО.336.110 ТУ, и управляемый делитель напряжения, состоящий из резисторов типа С2-29В ОЖО.467.099 ТУ. Делитель обеспечивает последовательную подачу на резистивный нагреватель 5 двух отличающихся амплитудой напряжений по командам от блока 3. Блок 3 обработки и управления содержит измерительный усилитель на микросхемах типа КМ551КД1А БКО.348.375-01 ТУ11, аналого-цифровой преобразователь на микросхеме типа К572ПВ1 БКО.348.432-03 ТУ, микропроцессорный контроллер на базе однокристалльной микро-ЭВМ типа К1816ВЕ51 БКО.348.839-05 ТУ.

Регистратор 7 выполнен в виде устройства цифровой индикации, содержащего полупроводниковые знаковосинтезирующие индикаторы типа АЛС333А1 аАО.336.367 ТУ.

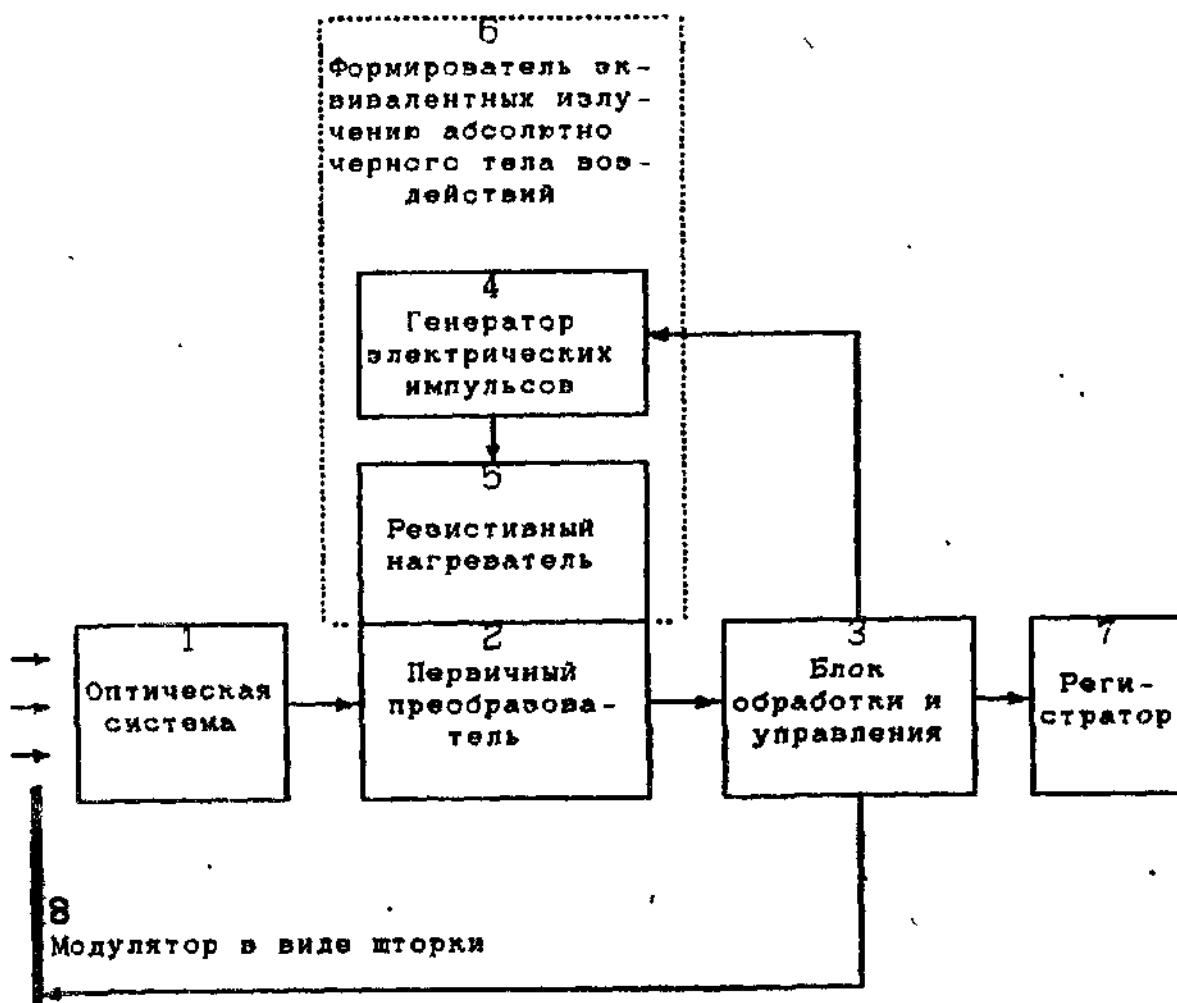
Модулятор 8 представляет собой шторку, которая приводится в движение электромагнитом по сигналу, поступающему с блока 3. В конкретном случае шторка выполнена в виде тонкой пластинки из материала марки АВА-2П-ПТ-К-0.10 ГОСТ 21996-76.

Устройство работает следующим образом.

Оптическая система 1 фокусирует излучение термометрируемого объекта на приемную площадку чувствительного элемента первичного преобразователя 2, который под воздействием падающего на него теплового потока генерирует электрический сигнал  $U_x$ , поступающий на вход 3 блока обработки и

управления. Запомнив величину  $U_x$ , блок 3 подает на вход модулятора 8 управляющий сигнал, под действием которого срабатывает электромагнит и перекрывает шторкой поле зрения. После этого блок 3 последовательно подает на вход генератора 4 электрических импульсов два сигнала управления, под воздействием которых генератор формирует два отличающихся амплитудой напряжения и последовательно подает их на резистивный нагреватель 5. Он преобразует напряжения в тепловые калибровочные импульсы, действие которых на чувствительный элемент первичного преобразователя эквивалентно воздействию излучения абсолютно черного тела при двух фиксированных температурах  $T_1$  и  $T_2$ . Тепловые импульсы вызывают появление на выходе чувствительного элемента преобразователя 2 электрических сигналов  $U_1$  и  $U_2$ , находящихся на выходной характеристике устройства в окрестности значения сигнала  $U_x$ , полученного при облучении первичного преобразователя излучением объекта измерения. Используя запомненные значения  $U_x$ ,  $U_1$ ,  $U_2$  и численные значения температур абсолютно черного тела  $T_1$  и  $T_2$ , соответствующие тепловым калибровочным воздействиям, блок 3 определяет функцию преобразования устройства и вычисляет по ней искомую температуру  $T_x$ . Функция преобразования содержит отношение разностных сигналов  $(U_x - U_1)$  и  $(U_1 - U_2)$ , благодаря чему в процессе расчета  $T_x$  устраняются аддитивная и мультипликативная составляющие погрешности измерения. По команде блока 3, поступающей на вход модулятора, шторка открывает поле зрения. Численное значение искомой температуры  $T_x$  отображается на цифровом табло регистратора 7.

Реализация изобретения позволяет повысить точность измерения, расширить диапазон измеряемых температур, значительно упростить конструкцию устройства, уменьшить его габариты и увеличить надежность.



Упорядник Н.Горшунова

Техред М.Моргентал

Коректор Л. Пилипенко

Замовлення 4519

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Виробничо-видавничий комбінат "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101