

(19) **KG** (11) **208** (13) **C2**

ГОСУДАРСТВЕННОЕ АГЕНТСТВО
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (КЫРГЫЗПАТЕНТ)

(51)⁶ **G01F 1/68**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

к патенту Кыргызской Республики

(21) 940214.1

(22) 21.12.1994

(31) 211891

(32) 27.06.1988

(33) US

(46) 01.10.1997, Бюл. №1, 1998

(76) Брайан Эллис Миклер (US)

(56) Патент США №4691566, кл. G01F 1/68, 1988

(54) **Способ измерения скорости текучей среды и устройство для его осуществления**

(57) Изобретение относится к измерению расхода термических жидкостей и обеспечивает увеличение эффективности и точности измерения. Скорость текучей среды определяют по увеличению температуры термодатчика относительно потока среды и электрической мощности, потребляемой датчиком, тепловой поток от датчика излучают перпендикулярно потоку к теплоотводу, размещенному на расстоянии, обеспечивающем перенос к нему теплового потока и его модуляцию средой. Устройство для измерения скорости содержит рабочий термодатчик, питаемый электрическим током, измеритель мощности рабочего термодатчика и вычислительное устройство. Устройство дополнительно содержит опорный термодатчик, три теплоотвода, один из которых установлен между датчиками, а другие - по разные стороны от них так, что расстояния между датчиками и соседними с ними теплоотводами одинаковы, и средства измерения разности температур рабочего и опорного термодатчиков. 2 н.п. и 6 з.п. ф-лы, 4 ил.

Изобретение относится к области измерительной техники и предназначено для измерения расхода термических жидкостей.

Известен способ измерения скорости текучей среды, в котором излучают тепловой поток помещенными в поток текучей среды на расстоянии по потоку двумя рабочими термодатчиками, измеряют разность температур рабочих термодатчиков и вычисляют скорость потока по измеренному изменению разности температур и величине потребляемой термодатчиками мощности.

Известный способ реализован в устройстве (1), которое содержит два терморезистора, расположенных на расстоянии друг от друга по потоку. Питание подается на оба терморезистора, в результате температура первого по потоку терморезистора

уменьшится, а второго - увеличится. Разность температур является функцией скорости текучей среды.

Недостаток устройств этого типа состоит в том, что сопротивление между двумя датчиками стремится увеличиваться с увеличением расхода до тех пор, пока не достигается некоторая критическая величина расхода. После этого разность сопротивлений имеет тенденцию уменьшаться с увеличением расхода. Эта нелинейность составляет проблему, ограничивающую диапазон скоростей, в котором может работать устройство.

Техническим результатом от использования предлагаемого изобретения является увеличение эффективности и точности измерения. Для его достижения в способе измерения скорости текучей среды, включающем излучение теплового потока термодатчиком, помещенным в поток измеряемой среды, при пропускании через него электрического тока, измерение увеличения температуры термодатчика относительно температуры текучей среды и вычисление скорости потока по измеренному увеличению температуры и величине потребляемой термодатчиком мощности, тепловой поток излучают в направлении, перпендикулярном направлению текучей среды, к теплоотводу, размещенному в потоке на расстоянии, обеспечивающем перенос к нему теплового потока и его модуляцию текучей средой, причем, пространство между теплоотводом и термодатчиком свободно от препятствий, а также тем, что тепловой поток дополнительно излучают в направлении по второму теплоотводу, причем, первый и второй теплоотводы равноудалены от излучающих поверхностей термодатчика в разные стороны.

Кроме того, дополнительно излучают тепловой поток в направлении, перпендикулярном направлению потока, опорным термодатчиком, размещенным в потоке и подключенным к источнику электрического тока, мощность которого меньше мощности, подаваемой на рабочий термодатчик, причем, тепловой поток излучают в направлении второго и третьего теплоотводов, измеряют температуру опорного термодатчика, а при вычислении скорости текучей среды учитывают разность температур рабочего и опорного термодатчиков, при этом второй теплоотвод располагают между рабочим и опорным термодатчиками, а третий теплоотвод располагают симметрично второму относительно опорного термодатчика.

Для достижения указанного технического результата устройство для измерения скорости текучей среды, содержащее рабочий термодатчик, установленный в потоке и связанный с источником электрического тока, измерители температуры и мощности, связанные с вычислительным устройством, снабжено опорным термодатчиком, установленным в потоке и связанным с соответствующим источником электрического тока, и тремя теплоотводами, один из которых установлен между термодатчиками, а два других - по разные стороны от них, а также измерителем температуры опорного термодатчика и измерителем разности температур рабочего и опорного термодатчиков. Каждый теплоотвод расположен на равном расстоянии от соответствующего термодатчика в направлении, перпендикулярном направлению текучей среды, при этом измерители температуры рабочего и опорного термодатчиков, измеритель мощности рабочего термодатчика и измеритель разности температур связаны с вычислительным устройством через аналого-цифровой преобразователь, каждый датчик и теплоотвод имеют противоположащие поверхности, которые параллельны друг другу. Кроме того, датчики содержат резистивный элемент, плоскость которого параллельна противоположащей поверхности теплоотвода, и подложку, покрытую металлическим слоем, который образует резистивный элемент.

Устройство, реализующее способ измерения, изображено на чертежах, где на фиг. 1 показан вариант устройства с одним термодатчиком и одним теплоотводом; на фиг. 2 - вариант устройства с одним термодатчиком и двумя теплоотводами; на фиг. 3 - вариант устройства с двумя термодатчиками и тремя теплоотводами; на фиг. 4 - конструкция термодатчика.

Устройство содержит (фиг. 1) рабочий термодатчик 1 в виде фольги, смонтированной в изоляторе 2, первый теплоотвод 3, источник питания (электрического тока) 4, измерительную схему 5, второй теплоотвод 6 (фиг. 2), расположенный симметрично первому относительно термодатчика 1, опорный термодатчик 7 (см. фиг. 3), третий теплоотвод 8, аналого-цифровой преобразователь 9 и вычислительное устройство 10. Рабочий и опорный термодатчики соединены с общим источником питания через различные сопротивления 11 и 12. Каждый термодатчик имеет тонкий изоляционный слой-подложку 13, покрытую тонким слоем 14 проводящего металла. Слой металла протравлен и образует обмотку 15, являющуюся резистором. Обмотка 15 и подложка 13 представляют собой плоские поверхности.

Согласно фиг. 1 обмотка 15 термодатчика соединена с источником электрического тока 4, который обеспечивает нагрев обмотки 15 термодатчика, в результате термодатчик излучает в измеряемый поток тепло. Измерительная схема 5 измеряет потребляемую термодатчиком мощность, получая информацию о температуре. Теплоотвод 2 выполнен из металла, который легко проводит тепло и тем самым оттягивает и поглощает генерируемое тепло от датчика 1, при этом направление потока жидкости перпендикулярно направлению теплового потока.

Для пояснения сущности изобретения в активном объеме между термодатчиком 1 и теплоотводом 2 выбирается инкрементный объем 16. При этом использованы следующие обозначения:

z = расстояние между датчиком 1 и инкрементным объемом 16;

dz = толщина инкрементного объема 16;

A = площадь инкрементного объема 16;

T_0 = температура датчика 1;

T_a = окружающая температура теплоотвода 2 и жидкости, протекающей через расходомер;

T = температура жидкости в инкрементном объеме 16;

Q = тепло;

C = теплоемкость или удельная теплоемкость жидкости;

D = плотность жидкости;

K = теплопроводность жидкости;

d = дифференциальный оператор;

t = время;

V = средняя молекулярная скорость жидкости, протекающей за датчиком 1;

W = мощность, подаваемая на жидкость датчиком 11.

Профиль постоянной скорости жидкости предполагается через зазор между датчиком 1 и теплоотводом 3. Тепло Q_1 , содержащееся в инкрементном объеме 16, пропорционально теплоемкости C жидкости, массе жидкости ($DA dz$) и ее температуре T следующим образом:

$$Q_1 = CDTAdz$$

Скорость аккумуляции тепла в инкрементном объеме 16 составляет dQ_1/dt минус скорость, с какой тепло удаляется с элемента жидкостью, протекающей со скоростью V , следующим образом:

$$dQ_1/dt = CDA dz(dT/dt) - CDA dz(T - T_a)V = CDA dz[dT/dt - (T - T_a)V].$$

Скорость теплового потока или потока от датчика 1 в инкрементный объем 16 пропорциональна площади поверхности A , теплопроводности жидкости K и наружному нормальному градиенту температуры dT/dz следующим образом:

$$dQ_2/dt = -KA dzT/dz.$$

Скорость теплового потока из инкрементного объема 16 определяется следующим образом:

$$dQ_3/dt = dQ_2/dt + d/dz(dQ_2/dt)dz = -KA dzT/dz - d/dz(KA dzT/dz)dz$$

В результате сохранения тепла:

$$dQ_2/dt - dQ_3/dt = dQ_1/dt;$$

$$-KA dT/dz + KA dT/dz + d/dz(KA dT/dz)dz = CDA dz [dT/dt - (T - T_a)V] \text{ и}$$

$$d^2T/dz^2 = CD/K[dT/dt - (T - T_a)V],$$

В стабильном состоянии:

$$dT/dt = 0 \text{ и } d^2T/dz^2 = CDV/K (-T + T_a).$$

Это дифференциальное уравнение вместе с нижеследующими граничными условиями описывает тепловое окружение (среду) в активном объеме 16 между датчиком 1 и теплоотводом 3.

1. При $z = 0$ (датчик 1)

а) $dT/dz = -(1/KA)$ (мощность, подаваемая на датчик 1) $= -W/KA$

б) $T = T_o$

2. При $z = G$ (поверхность теплоотвода

3), $T = T_a$.

Поэтому уравнение стабильного состояния, описывающее температуру T для любого местоположения z в активном объеме 16, будет:

$$T = T_a + [G - z]W/KA \text{ EXP}[-(G - z)\text{SQRT}(CDV/K)].$$

Уравнение стабильного состояния, описывающее температуру датчика при $z = 0$, будет:

$$T_o = T_a + [GW/KA] \text{ EXP}[-(G) \text{SQRT}(CDV/K)].$$

Поэтому повышение температуры $TR = T_o - T_a$ датчика 1 выше окружающей может быть выражено как:

$TR = (\text{КОНСТАНТА1} * G * W/A) * \text{EXP}(-G * \text{SQRT}(\text{КОНСТАНТА2} * V))$, где КОНСТАНТА1 и КОНСТАНТА2 определяются только свойствами жидкости.

Это уравнение имеет замечательное свойство, которое заключается в том, что в целом изменение и чувствительность TR к повышению температуры датчика 1 по отношению к окружающей температуре текущей жидкости может диктоваться для любого типа требуемой жидкости или диапазона скоростей просто путем выбора размера зазора G . Второй вариант реализации на фиг. 2 показывает, как свести до минимума потери тепла, связанные с изоляционной поверхностью 2 на фиг. 1. На фиг. 2 датчик 1 такой же, как датчик на фиг. 1, однако он свисает между двумя теплоотводами 3 и 6 на равном расстоянии от них. Жидкость течет с обеих сторон датчика 1. Поверхности теплоотводов 3, 6 находятся при одинаковой окружающей температуре, какой является температура текущей жидкости. Площадь обеих поверхностей или сторон датчика 1 используется для вычисления отношения температура/скорость жидкости. Благодаря незначительной толщине подложки датчика 1 по существу равные количества тепла будут течь в обоих направлениях от датчика.

На фиг. 3 показан третий вариант реализации. В этом варианте можно компенсировать изменение температур жидкости, входящей в термический расходомер. В этом варианте реализации датчик 1 является измерительным или активным датчиком, аналогичным датчикам на фиг. 1 и 2. Датчик 1 установлен на равноотстоящем расстоянии между двумя теплоотводами 3 и 6.

Второй датчик 7 установлен на равноотстоящем расстоянии между теплоотводом 6 и вторым теплоотводом 8.

Датчик 7 той же конструкции, что и датчик 1, однако он является опорным контрольным датчиком. Контрольный датчик 7 имеет тепловые свойства идентичные активному датчику 1, но мощность, потребляемая при проведении измерения температуры контрольным датчиком 7, устанавливается не менее чем одна сотая мощности, потребляемой в активном состоянии датчиком 1. В этом случае ΔT является температурой активного датчика 1 минус температура контрольного датчика 7.

Источник питания 4 постоянного тока имеет свои положительные выводы, соединенные с одной стороной обмотки датчиков 1, 7. Активный датчик 1 имеет другой конец своей обмотки, соединенный с резистором 11. Контрольный датчик 7 другой

стороной соединен с резистором 12.

Противоположные стороны резисторов 11, 12 соединены с отрицательным выводом источника питания 4 и 10 входом С1 аналого-цифрового преобразователя 9. Вход С2 аналого-цифрового преобразователя 9 соединен между резистором 11 и активным датчиком 1. Вход С3 соединен с положительным выводом источника питания 4. Вход С4 соединен между резистором 12 и контрольным датчиком 7. Выход аналого-цифрового преобразователя 9 соединен с обычным компьютером 10. Аналого-цифровой преобразователь 9 собирает аналоговые напряжения на своих входах С1, С2, С3, и С4 и посылает цифровые данные на компьютер 10 для вычисления скоростей.

Благодаря использованию уникального способа модуляции теплового потока, изобретение позволяет измерять широкий диапазон типов жидкостей и скоростей. Изобретение позволяет кроме трех описанных вариантов реализации получить и другие варианты, основанные на данном принципе.

Формула изобретения

1. Способ измерения скорости текучей среды, заключающийся в том, что излучают тепловой поток рабочим термодатчиком, помещенным в поток текучей среды при пропускании через него электрического тока, измеряют увеличение температуры термодатчика относительно температуры текучей среды и вычисляют скорость потока по измеренному увеличению температуры и величине потребляемой термодатчиком мощности, отличающийся тем, что тепловой поток излучают в направлении, перпендикулярном направлению текучей среды, к теплоотводу, размещенному в потоке на расстоянии, обеспечивающем перенос к нему теплового потока и его модуляцию текучей средой.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что пространство между теплоотводом и термодатчиком свободно от препятствий.

3. Способ по пп. 1, 2, отличающийся тем, что тепловой поток рабочим термодатчиком дополнительно излучают в направлении ко второму теплоотводу, причем, первый и второй теплоотводы равноудалены от излучающих поверхностей термодатчика в разные стороны.

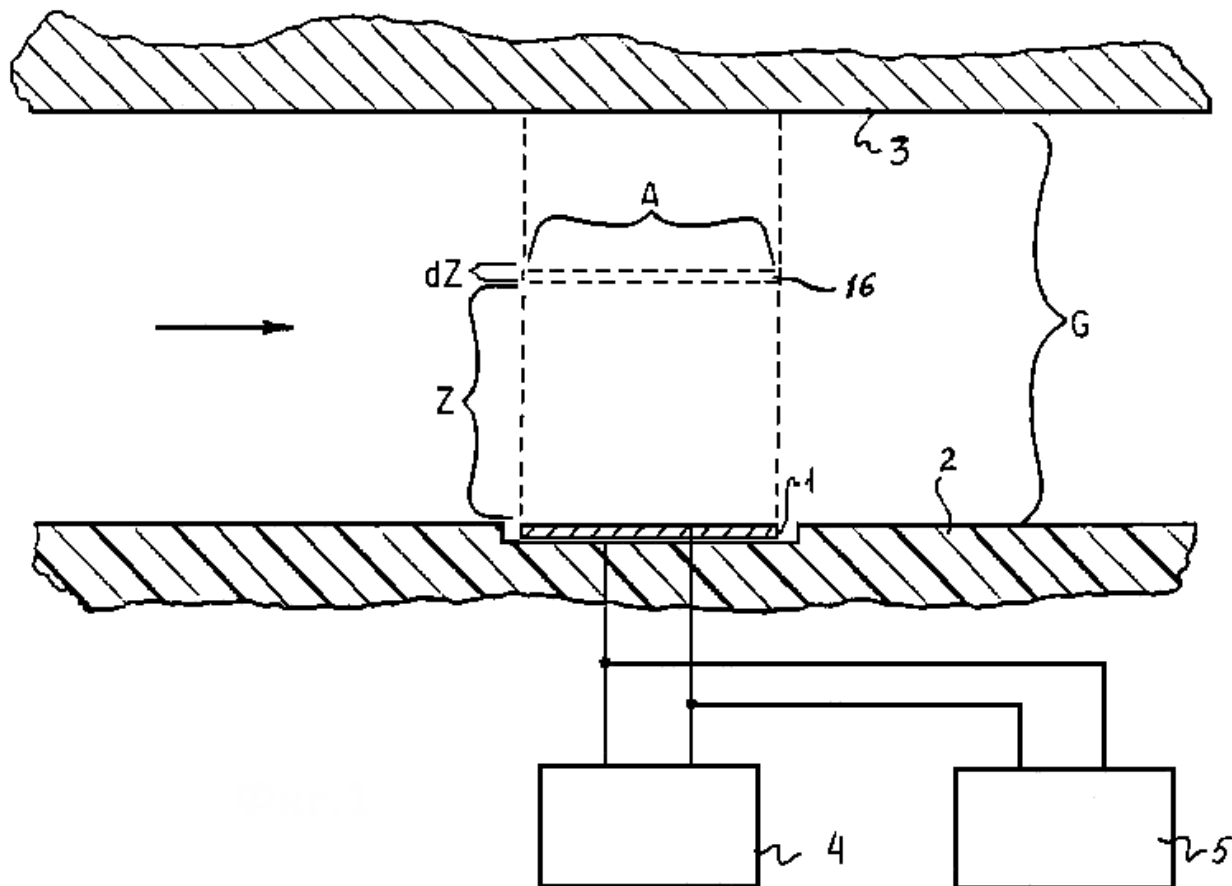
4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что дополнительно излучают тепловой поток в направлении, перпендикулярном направлению потока, опорным термодатчиком, размещенным в потоке и подключенным к источнику электрического тока, мощность которого меньше мощности, подаваемой на рабочий термодатчик, тепловой поток опорным термодатчиком излучают в направлении второго и третьего теплоотводов, измеряют температуру опорного термодатчика, а при вычислении скорости текучей среды учитывают разность температур рабочего и опорного термодатчиков, причем второй теплоотвод располагают между рабочим и опорным термодатчиками, а третий теплоотвод располагают симметрично второму относительно опорного термодатчика.

5. Устройство для измерения скорости текучей среды, содержащее рабочий термодатчик, установленный в потоке и связанный с источником электрического тока, измерители температуры и мощности рабочего термодатчика, связанные с вычислительным устройством, отличающееся тем, что оно снабжено опорным термодатчиком, установленным в потоке и связанным с соответствующим источником электрического тока, и тремя теплоотводами, один из которых установлен между термодатчиками, а два других - по разные стороны от них, а также измерителем температуры опорного термодатчика и измерителем разности температур рабочего и опорного термодатчиков, каждый теплоотвод расположен на равном расстоянии от соответствующего термодатчика в направлении, перпендикулярном направлению текучей среды, при этом, измерители температуры рабочего и опорного термодатчиков, измеритель мощности рабочего термодатчика и измеритель разности температур связаны с вычислительным устройством через аналогово-цифровой преобразователь.

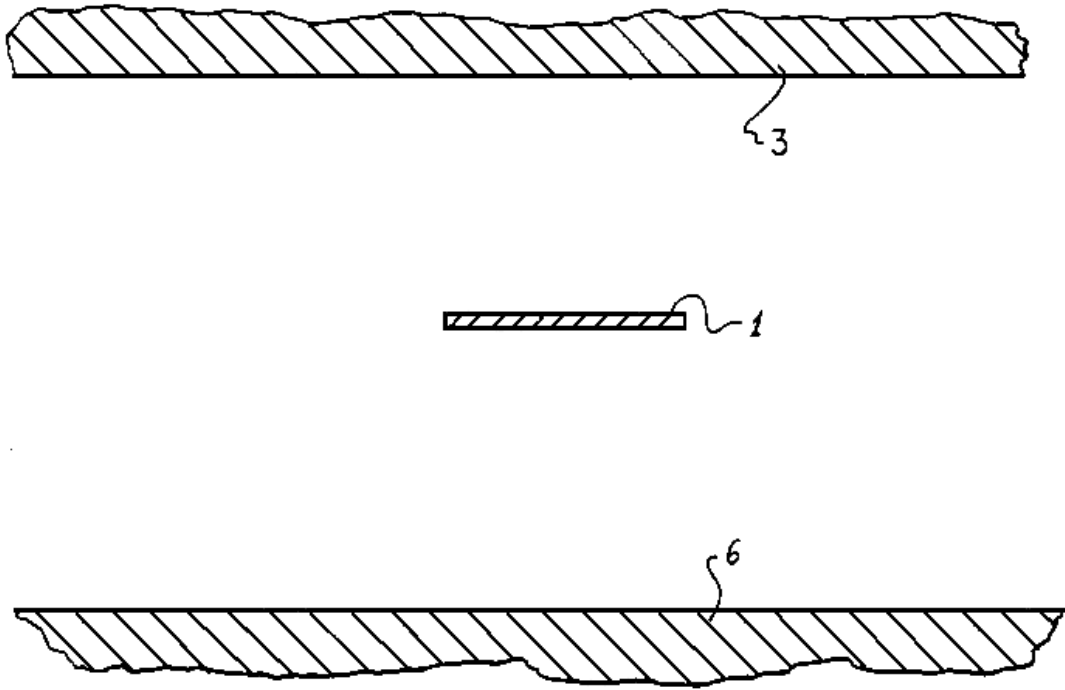
6. Устройство по п. 5, отличающееся тем, что каждый датчик и теплоотвод имеют противоположные поверхности, которые параллельны друг другу.

7. Устройство по п. 6, отличающееся тем, что датчики содержат резистивный элемент, плоскость которого параллельна противоположной поверхности теплоотвода.

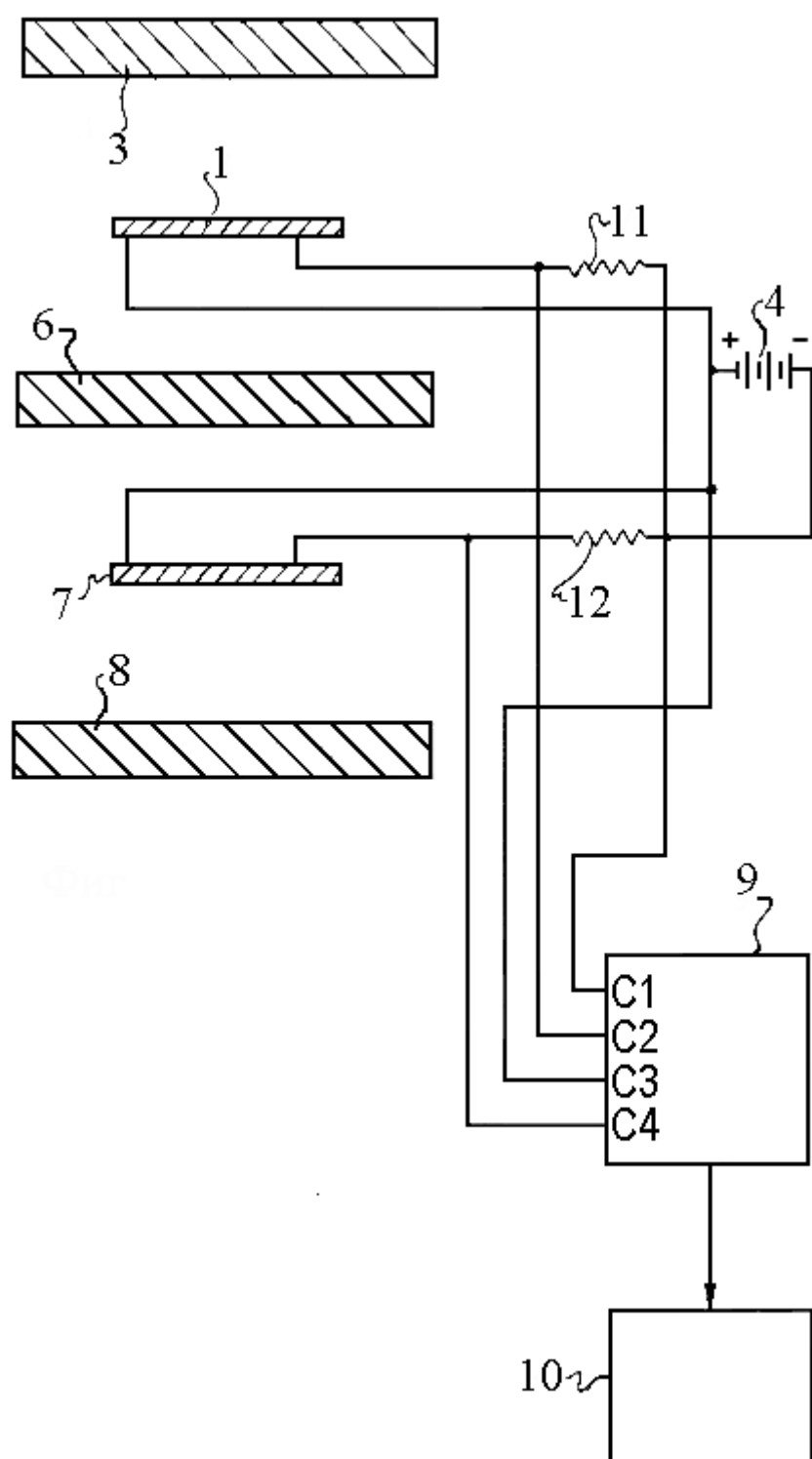
8. Устройство по п. 7, отличающееся тем, что датчики содержат подложку, покрытую металлическим слоем, который образует резистивный элемент.



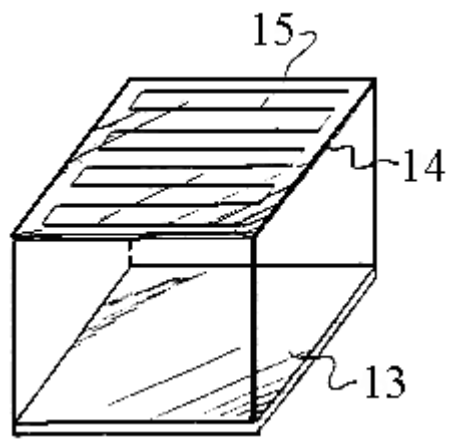
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Составитель описания
Ответственный за выпуск

Солобаева Э.А.
Ногай С.А.

Кыргызпатент, 720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41, факс: (312) 68 17 03