



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 296 365**

51 Int. Cl.:
G01F 1/699 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99200709 .6**

86 Fecha de presentación : **10.03.1999**

87 Número de publicación de la solicitud: **0943900**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **22.09.1999**

54 Título: **Dispositivo medidor del flujo de un medio.**

30 Prioridad: **20.03.1998 NL 1008665**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2008

73 Titular/es: **BERKIN B.V.**
Nijverheidsstraat 1 A
7261 AK Ruurlo, NL

72 Inventor/es: **Lammerink, Theodorus S. J.**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 296 365 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo medidor del flujo de un medio.

5 **Introducción**

La presente invención se refiere a técnicas de medición de flujos de gases y/o fluidos que utilizan efectos térmicos. La convección juega aquí su papel: un medio en movimiento arrastra calor (energía) por medio de su propia capacidad térmica.

10 Un sensor conocido, en el que se utiliza dicha propiedad, es el anemómetro. Por regla general, la realización de dicho dispositivo de medición consiste en uno o más objetos que son calentados por una energía disipada específica y en que el flujo afecta a la temperatura resultante de dicho objeto. Dicha temperatura resultante es una medida del flujo. Dicha realización y dicho método se denominan "Anemometría de Potencia Constante" o simplemente método
15 CPA. Asimismo, dichos objetos pueden mantenerse a una diferencia de temperatura constante con respecto a una temperatura de referencia, y puede medirse qué energía se requiere disipar para ese fin. Dicha realización y dicho método se denominan "Anemometría de Temperatura Constante" o simplemente método CTA.

20 Aparte de esto, los dispositivos de medición basados en efectos térmicos pueden dividirse (mecánica o fluidicamente) en tres tipos:

- 1 dispositivos en los que el objeto está totalmente envuelto por el medio, como se describe en la patente de EE. UU. número 4651564 (R1, 1987) y en [R2, 1993];
- 25 2 dispositivos en los que los objetos no están por todos los lados en contacto con el medio, como se describe a fondo en [R3, 1995]; y
- 3 dispositivos en los que el objeto, al contrario que en (1), envuelve el medio (el medio fluye a través de un dispositivo tubular - el objeto), como se describe en la patente de EE. UU número 5036701 [R4, 1990].

30 Los dispositivos de medición conocidos de "anemometría de alambre caliente" son del tipo (1), [R5, 1995].

Un ejemplo de dicho tipo es también el método y dispositivo descritos en [R1, 1993], en que la energía disipada en el objeto se mantiene constante (CPA), y en que se considera entonces la temperatura (distribución) alrededor del objeto mencionado antes.

Equilibrio térmico de un objeto

40 La invención se refiere al control de la temperatura de objetos que están en interacción térmica con el ambiente. Esto se consigue por medio de un dispositivo de medición de flujo según las reivindicaciones 1 y 2, respectivamente. Para respaldar la memoria descriptiva de la presente invención, se investiga en primer lugar el llamado equilibrio térmico de un objeto.

45 El comportamiento de un objeto (que tenga en él, por ejemplo, un sensor de temperatura y/o un elemento de calentamiento) en interacción térmica con el ambiente puede ser estudiado considerando el equilibrio térmico de dicho objeto.

50 El equilibrio térmico se refiere a la circunstancia de que el aumento del calor Q (dimensión de energía) almacenado en el objeto es igual al calor que le es transmitido (P_{in}) o generado dentro del objeto (P_{gen}), menos el calor disipado (P_{out}) y absorbido dentro del objeto (P_{abs}):

$$\frac{dQ_{obj}}{dt} = P_{in} + P_{gen} - P_{out} - P_{abs} \quad (F1)$$

55 Por razones de claridad en la descripción que sigue, se supone que la absorción interna de calor (por ejemplo, tal como la absorción por medio de una reacción química interna o una transición de fase) es igual a cero ($P_{abs}=0$).

60 La capacidad térmica del objeto (C_{obj}) determina la relación entre el calor (energía) almacenado y la temperatura de dicho objeto (T_{obj}):

$$T_{obj} = \frac{Q_{obj}}{C_{obj}} \quad (F2)$$

ES 2 296 365 T3

El equilibrio térmico de un objeto se convierte entonces en:

$$\frac{dQ_{obj}}{dt} = P_{gen} + P_{in} - P_{out} \quad \frac{dT_{obj}}{dt} = \frac{P_{gen} + P_{inout}}{C_{obj}}$$

con

$$P_{inout} = P_{in} - P_{out} \quad (F3)$$

Dicha última fórmula o ecuación diferencial para T_{obj} puede escribirse en forma de una integral:

$$T_{obj} = \frac{1}{C_{obj}} \int (P_{gen} + P_{inout}) dt \quad (F4)$$

Un objeto está en equilibrio con el ambiente si $T_{obj} = \text{constante}$ (no depende ya del tiempo). Por consiguiente, a dicho objeto se aplica lo siguiente:

$$P_{gen} + P_{inout} = 0, \quad \text{ó} \quad P_{gen} = - P_{inout}$$

De esto, resulta evidente que para una situación en la que la temperatura del objeto (T_{obj}) es constante, existe un equilibrio entre la energía internamente generada P_{gen} y las energías entrante y saliente P_{inout} .

Temperatura de un objeto

La temperatura de un objeto que esté en interacción térmica con el ambiente que tiene un medio fluyente, en equilibrio, puede expresarse de la manera siguiente:

$$T_{obj} - T_m = \frac{P_{gen}}{A + B\sqrt{|v|}} \quad (F5)$$

en que T_{obj} es la temperatura del objeto, T_m es la temperatura del medio y del ambiente, P_{gen} es el calor generado dentro del objeto, A es una constante que representa la conducción de calor desde el objeto al ambiente, B es una constante que representa la influencia de la convección del medio sobre la temperatura del objeto, y v es el caudal del medio.

En este caso, se distinguen cuatro apartados de interés:

- 1 - Para P_{gen} , A , B y v dados y fijos la temperatura (absoluta) del objeto es directamente proporcional a la temperatura T_m del medio.
- 2 - Para A , B y v dados y fijos, la diferencia de temperatura $T_{obj} - T_m$ es proporcional al calor internamente generado P_{gen} :

$$T_{obj} - T_m = \text{constante} \cdot P_{gen}$$

- 3 - La constante de proporcionalidad se llama “sensibilidad de flujo” del objeto:

$$T_{obj} - T_m = G(v) \cdot P_{gen}$$

- 4 - Solamente el tamaño del flujo afecta a la temperatura y no al signo (sentido positivo o negativo).

Breve descripción de las figuras

En la figura 1 se da una sección transversal de un dispositivo de medición de flujo. El medio fluye a través de un dispositivo tubular (1-1). El objeto O_1 en consideración (1-2) está rodeado por el medio.

ES 2 296 365 T3

En la figura 2 se da la temperatura local (del medio) alrededor del objeto (con respecto a T_m = temperatura del medio ambiental) en función de la posición. El objeto estaba en la posición $x=0$. La energía disipada (P_{gen}) en el objeto es constante (método CPA).

5 En la figura 3 se da la temperatura del objeto con respecto al medio T_m en función del flujo que tiene un diseño como se muestra en la figura 1. En la figura 3 se sabe que con un objeto en el modo CTA no puede medirse ningún sentido de flujo.

10 En la figura 4 se da la temperatura local alrededor del objeto en función de la posición para un dispositivo tal como el esbozado en la figura 6. La energía disipada (P_{gen}) en el objeto es controlada de tal manera que la diferencia de temperatura entre el objeto y la temperatura del medio es constante (método CTA). Para conseguir esto, se requiere que la temperatura del medio sea medida con un sensor adicional de temperatura (para este fin, véase la figura 6).

15 En la figura 5 se da la energía P_{gen} requerida para controlar el objeto a una temperatura fija con respecto al medio. A una temperatura absoluta fija del objeto, P_{gen} es una función de la temperatura del medio. En la figura 6 se esboza el dispositivo de medición.

20 En la figura 6 se da una sección transversal de un dispositivo de medición de flujo. El medio fluye a través de un dispositivo tubular (6-1). El objeto O_1 en consideración (6-2) está rodeado por el medio. La temperatura del medio se mide utilizando un sensor S_2 (6-3).

En la figura 7 se da una sección transversal de un dispositivo de medición de flujo que tiene dos objetos. El medio fluye a través de un dispositivo tubular (7-1). El medio rodea dos objetos O_1 (7-2) y O_2 (7-3).

25 En la figura 8 se esboza la diferencia de temperatura entre los dos objetos O_1 (7-2) y O_2 (7-3) en función del flujo del medio.

En la figura 9 se da una sección transversal de un dispositivo de medición de flujo. El medio fluye a través de un dispositivo tubular (9-1). En el tubo, el medio rodea tres objetos O_1 (9-2), O_2 (9-4) y O_3 (9-3).

30 En la figura 10 se da la temperatura de los tres objetos - T_1 para O_1 , T_2 para O_2 y T_3 para O_3 (siempre con respecto a la temperatura del medio) - en función del flujo del medio. En la figura 9 se da el dispositivo de medición. El objeto O_1 (9-2) es calentado con una energía constante P_{gen} . El objeto O_2 (9-4) y el objeto O_3 (9-3) no son calentados.

35 En la figura 11 se da la diferencia de temperatura de los objetos O_2 (en T_2) y O_3 (en T_3) en función del flujo del medio. El objeto O_1 se da con una energía constante (objeto O_1 en el modo CPA).

40 En la figura 12 se indica la temperatura para tres objetos en un dispositivo de medición tal como el esbozado en la figura 9. El objeto O_1 (9-2) es calentado con una energía (P_{gen}) tal que la temperatura T_1 del objeto O_1 (9-2) es mantenida a un valor constante sobre la del medio. Una vez más, se requiere un sensor adicional que no se muestra aquí en la figura. El objeto O_2 (9-4) y el objeto O_3 (9-3) no son calentados directamente.

En la figura 13 se muestra la diferencia de temperatura entre los dos objetos O_2 (9-4) y O_3 (9-3) en función del flujo del medio.

45 En la figura 14 se muestra un diagrama de bloques de la invención propiamente dicha. La invención se describe después a fondo en la memoria descriptiva.

50 En la figura 15 se da una sección transversal de un dispositivo de medición de flujo que tiene dos objetos. El medio fluye a través de un dispositivo tubular (15-1). Los dos objetos O_1 (15-2) y O_2 (15-3) están rodeados por el medio. La temperatura del medio puede ser medida utilizando un sensor S_4 (15-4).

55 En la figura 16 se da la distribución de la temperatura en función de la posición para un dispositivo de medición tal como el mostrado en la figura 15. Se da la distribución de la temperatura para cuatro valores del flujo (Flujo=0, Flujo= v_1 , Flujo= v_2 , Flujo= v_3). La temperatura de los dos objetos O_1 (15-2) y O_2 (15-3) es mantenida a una diferencia de temperatura de $T_1-T_2=0$ utilizando un controlador.

60 En la figura 17 se da la distribución de la temperatura en función de la posición para un dispositivo de medición tal como el mostrado en la figura 15. Se da la distribución de la temperatura para cuatro valores del flujo (Flujo=0, Flujo= v_1 , Flujo= v_2 , Flujo= v_3). La temperatura de los dos objetos O_1 (15-2) y O_2 (15-3) es mantenida a una diferencia de temperatura de $T_1-T_2=0$ utilizando un controlador. Aparte de esto, la temperatura de los dos objetos es mantenida también constante con respecto al medio utilizando un sensor S_3 (15-4) y un controlador.

65 En la figura 18, se esboza la relación $P_1/(P_1+P_2)$ de las energías P_1 (P_{gen} del objeto 1) y P_2 (P_{gen} del objeto 2) que son producidas como salida por el controlador para mantener la diferencia de temperatura T_1-T_2 a cero.

En la figura 19, se esboza la relación $(P_1-P_2)/(P_1+P_2)$ de las energías P_1 (P_{gen} del objeto 1) y P_2 (P_{gen} del objeto 2) que pueden ser obtenidas por el controlador para mantener la diferencia de temperatura T_1-T_2 a cero.

ES 2 296 365 T3

En la figura 20, se esboza un dispositivo de medición que tiene dos objetos en el medio. R1-R2 forman juntos el objeto O_1 y R3-R4 forman juntos el objeto O_2 . Se esboza también un circuito electrónico que actúa de controlador para ajustar la diferencia de temperatura T_1-T_2 a cero (como se esboza en la figura 14). La figura es descrita a fondo después en la memoria descriptiva.

5

En la figura 21 se da una segunda realización del circuito eléctrico. Esta figura, se describe también después a fondo en la memoria descriptiva.

10

En la figura 22 se da una tercera realización del circuito eléctrico. Esta figura, se describe también después a fondo en la memoria descriptiva.

15

En la figura 23 se da una cuarta realización del circuito eléctrico. Este contiene un dispositivo para eliminar la desviación como se indica en la figura 14 utilizando un controlador. Esta figura, se describe también después a fondo en la memoria descriptiva.

En la figura 24 se da una quinta realización del circuito eléctrico. Esta figura, se describe también después a fondo en la memoria descriptiva.

20

En la figura 25 se da un dispositivo de medición que tiene dos objetos, en que el medio fluye ahora a través de los objetos. Los objetos consisten cada uno en una resistencia dependiente de la temperatura que es capaz de disipar la energía P_{gen} del objeto y que al mismo tiempo actúa como sensor de temperatura del objeto en cuestión. Esta figura se describe también después a fondo en la memoria descriptiva

25

En la figura 26, se da un dispositivo de medición que tiene dos objetos, en que el medio fluye ahora a través de los objetos. Los objetos consisten cada uno en una resistencia que es capaz de disipar la energía P_{gen} del objeto. La diferencia de temperatura entre los dos objetos es medida utilizando una serie de termopares, o un termopar. Esta figura, se describe también después a fondo en la memoria descriptiva

30

En la figura 27 se da una realización especial del dispositivo de medición mostrado en la figura 25.

En la figura 28 se da una realización especial de la invención que tiene varios objetos. Una ventaja es la redundancia incorporada. Si fallara uno de los disipadores y/o sensores de temperatura, el controlador sería capaz de observar esto y “desconectar” los objetos en cuestión.

35

En la figura 29 se da una realización de un dispositivo de medición en que el medio fluye a través del objeto.

En la figura 30 se da una realización de un dispositivo de medición basado en la invención en que el medio fluye a través de dos objetos.

40

En la figura 31 se da una realización de un dispositivo de medición basado en la invención en que el medio fluye a través de una construcción tubular en la que están situados los dos objetos anteriormente mencionados.

45

En la figura 32 se da una realización de un dispositivo de medición basado en la invención en que el medio fluye a través de una construcción tubular en la que están situados los dos objetos anteriormente mencionados que están insertados en la construcción tubular como una sonda.

50

En las figuras 33, 34 y 35 se da una realización de un dispositivo de medición basado en esta invención, en el que los dos objetos están separados del medio por un delgado tabique. Los objetos tienen una interacción térmica con el medio.

En la figura 36 (sección transversal) y en la figura 37 (vista en planta) se da una realización de un medidor de flujo basado en esta invención, que consiste en una estructura semiconductor.

55

La figura 38 muestra una sección transversal a través de un soporte sintético que tiene en él dos objetos, comprendiendo cada uno dos elementos de resistencia.

La figura 39a muestra una fotografía de una realización que tiene dos objetos, cada uno con dos elementos de resistencia, de conformidad con las figuras 36 y 37.

60

La figura 39b muestra una fotografía de una realización que tiene tres objetos, cada uno con un elemento de resistencia.

Antecedentes de la invención

65

- *Medidores de flujo, tipo: X*

En la figura 1 se muestra un esbozo básico de este tipo de dispositivos de medición de flujo de medio.

ES 2 296 365 T3

Constan de un objeto que está en equilibrio con el ambiente. Para estos tipos, se utilizan el método CPA (figura 3) y el método CTA (figura 5).

En el modo CPA, la temperatura del medio afecta directamente a la temperatura del objeto.

En el modo CTA, la temperatura del medio afecta directamente a la P_{gen} para mantener constante la temperatura absoluta del objeto.

En cualquier modo, ya no es posible extraer el sentido (positivo o negativo) del flujo a partir de la señal de salida del dispositivo de medición.

Estos son inconvenientes conocidos de este tipo de dispositivo de medición de flujo.

- *Medidores de flujo, tipo: XX*

En la figura 6 se muestra un esbozo básico de este tipo de dispositivo de medición de flujo de medio. La temperatura del medio es medida utilizando un sensor adicional.

Para estos tipos, se utilizan una vez más el método CPA (figura 3) y el método CTA (figura 5).

Para el tipo XX, un inconveniente importante de los medidores de flujo de este tipo es superado, ya que ahora se conoce la temperatura del medio.

Ya no es posible extraer el sentido (positivo o negativo) del flujo a partir de la señal de salida del dispositivo de medición.

Este es un inconveniente conocido de este tipo de dispositivo de medición de flujo.

- *Medidores de flujo, tipo: XXX*

En la figura 7 se muestra un esbozo básico de este tipo de dispositivo de flujo de medio. Para este tipo, se utilizan dos objetos.

Ahora, ambos objetos se utilizan como se esbozó anteriormente esbozado para el tipo X. El uso de este tipo en el método CPA es conocido. Ahora bien, es posible determinar el sentido del flujo. Un ejemplo conocido de este tipo es "microflown" [R6, 1995; R7, 1997]. La señal de salida es función de la diferencia de temperatura entre los dos objetos. Un inconveniente conocido es que el punto cero de este tipo de dispositivo de medición depende fuertemente de la temperatura del medio. Otro inconveniente conocido es que, para valores de flujo más altos, la diferencia de temperatura entre los dos objetos disminuye otra vez.

Asimismo, para este tipo se utiliza el método CTA manteniendo el objeto O_1 (7-2) a una diferencia de temperatura constante (que no sea de cero) con el otro objeto O_2 (7-3). En este caso, un inconveniente es que el dispositivo de medición ahora actúa para flujo en un solo sentido.

- *Medidor de flujo, tipo: IV*

Se conoce un dispositivo de medición de flujo que tiene tres objetos en el medio, como se muestra en la figura 9. Un ejemplo de este tipo es el dispositivo Lammerink [Re, 1993]. En este caso, se utilizó el método CPA. En la figura 10 se da la temperatura en función de la posición. La diferencia de temperatura entre los dos objetos O_2 (9-4) y O_3 (9-3) es esbozada en la figura 11. La señal de salida es función de la diferencia de temperatura entre dos objetos. Un inconveniente conocido es que el punto cero de este tipo de dispositivo de medición depende fuertemente de la temperatura del medio. Otro inconveniente conocido es que, para valores de flujo más altos, la diferencia de temperatura entre los dos objetos (véase la figura 11) disminuye otra vez.

El uso del objeto O_1 (9-2) en el modo CTA es conocido. La distribución de la temperatura en función de la posición se parece entonces fuertemente a la mostrada en la figura 4. En la figura 12 se muestran las temperaturas de los tres objetos en función del flujo. En la figura 13, se muestra la diferencia de temperatura entre los objetos O_2 (9-4) y O_3 (9-3). Un inconveniente conocido es que el punto cero de este tipo de dispositivo de medición depende fuertemente de la temperatura del medio.

Se conoce también el dispositivo de medición descrito en la patente de EE. UU. número 4651564 [R2, 1987]. En este dispositivo se utilizaron dos objetos en el medio. Se utilizó un elemento de calentamiento que se distribuyó entre los dos objetos. Aparte de esto, ambos objetos tenían una resistencia dependiente de la temperatura para un sensor de temperatura. Un inconveniente es que no es posible ajustar la energía disipada en ambos objetos de manera independiente entre sí.

Se conoce un dispositivo de medición descrito por Van Putten [R8, R9]. Utilizando una construcción que tiene varios elementos de resistencia, se mide el flujo en dos direcciones perpendiculares.

ES 2 296 365 T3

Un inconveniente en este caso es que la energía disipada en los elementos de calentamiento no puede ajustarse de manera independiente.

5 Se conoce un método descrito por Huijsing [R10] para mantener constante la temperatura de un objeto (modo CTA). Dicho método puede aplicarse a esta invención para ajustar las temperaturas de ambos objetos y por ello es un ejemplo de controlador. Un inconveniente de dicho método es que está acoplado a una señal de reloj digital y que es un circuito digital llamado “síncrono”.

Invención

10

En la figura 14 se muestra un diagrama de bloques de la invención propuesta. En la figura 15 se muestra una realización para la construcción que utiliza dos objetos en una construcción tubular.

15 La invención propuesta utiliza dos objetos que tienen una interacción térmica con su ambiente que es afectado, de uno u otro modo, por el flujo.

Los objetos tienen cada uno una fuente de alimentación de calor que utiliza al menos un accionador o disipador, y los objetos tienen al menos un sensor de temperatura para medir la temperatura del objeto.

20 Asimismo, la invención propuesta incluye un controlador analógico o digital (proporcional o no) que ve que, por medio de la generación de calor en los disipadores de los objetos, la temperatura de los objetos es ajustada de tal manera que la diferencia de temperatura entre ambos objetos resulta ser de cero.

25 En otra aplicación, un disipador se refiere a una fuente de calor que convierte energía eléctrica en calor. Esto es un nombre funcional y un concepto funcional. La función puede ser realizada por una “resistencia eléctrica”, pero también por un “elemento activo” tal como, por ejemplo, un transistor, un elemento bipolar, NPN, PNP, MOST, FET, IGBT, etc., o un diodo, o, por ejemplo, un elemento Peltier (que tiene la propiedad de un posible flujo de calor negativo; enfriamiento).

30 Los objetos tienen cada uno un sensor de temperatura que se utiliza para medir la temperatura de los objetos. La medición de la temperatura también está representada como una función. El vocablo “sensor” es un nombre funcional. El sensor de temperatura no requiere necesariamente ser una resistencia (dependiente de la temperatura), sino que puede ser cualquier elemento que tenga dicha función (se conocen, entre otros, elementos (semiconductores), tales como resistencias, transistores, elementos bipolares, MOST, CMOST, IGBT, y otros elementos portadores de carga mayoritaria/minoritaria, tales como diodos y resistencias). Los termopares pueden servir también de sensores de temperatura.

35 La memoria descriptiva detallada de la invención sigue con referencia a la figura 14. El controlador genera energías (eléctricas) P_1 y P_2 . Dichas energías eléctricas son convertidas por los disipadores en flujos de calor P_{gen1} y P_{gen2} . Los objetos tienen cada uno una capacidad térmica por la que ambos flujos de calor totales ($(P_{gen1}+P_{inout1})$ y $(P_{gen2}+P_{inout2})$) son integrados en las temperaturas físicas T_1 y T_2 de los objetos. Por medio de los flujos de calor P_{inout1} y P_{inout2} , los objetos tienen su interacción térmica con el ambiente y con el medio que ha de ser medido.

45 Ambas temperaturas de los objetos son medidas utilizando un sensor1 de temperatura y un sensor2 de temperatura, y convierten las temperaturas físicas en señales eléctricas. Substrayendo dichas señales entre sí, se produce la señal eléctrica $T12$. A partir de esta señal se forma la señal eléctrica ΔT por medio de un circuito opcional de desviación de calibrado. El circuito de desviación se describe después a fondo. Por ahora, suponemos que la desviación de calibrado = 0.

50 Como resultado del funcionamiento del controlador, las temperaturas de los dos objetos se igualarán entre sí. Esto conduce a distribuciones de temperatura en los alrededores de los objetos en función de la posición, como se muestra en la figura 16 y en la figura 17.

55 Las dos temperaturas de los dos objetos T_1 y T_2 son iguales (o se ajustan para que sean iguales). Para un flujo específico, los flujos de calor P_{gen1} y P_{gen2} (véase (F5)) que se requieren para este fin, difieren para los dos elementos. En caso de un flujo positivo, el objeto2 experimenta un flujo de un medio que ya está precalentado por el objeto1. La asimetría en los dos flujos de calor es una medida del flujo. Aparte de las energías de control P_1 y P_2 , el controlador también suministra una “señal de información” - I_{out} - a la salida. En la figura 18 se muestra la señal de salida $I_{out}P_1(P_1+P_2)$. La señal de salida $I_{out}=P_1-P_2)/(P_1+P_2)$ se muestra en la figura 19.

60 Una ventaja de la invención descrita es que la señal de salida eléctrica esbozada en la figura 18 (y en la figura 19) en una primera aproximación es independiente de la energía total $P_{tot}=P_1+P_2$ disipada conjuntamente en ambos objetos.

65 Inicialmente, la señal de salida asociada con una CPA (Anemometría de Energía Constante: $P_{tot}=P_1+P_2=$ constante, $\Delta T=0$; distribución de la temperatura de la figura 17) es igual a la señal de salida asociada con CTA (Anemometría de Temperatura Constante $T_1, T_2=$ constante, $\Delta T=0$; distribución de la temperatura de la figura 17).

ES 2 296 365 T3

En una primera aproximación, la señal de salida no depende de la temperatura de los objetos, ni de la energía total disipada en los objetos, sino solamente del flujo de dicho medio.

5 Otra ventaja de la invención es que, en el modo CTA, la sensibilidad de los sensores de temperatura no afecta a la señal de salida (I_{out}) del controlador.

10 Un problema bien conocido es el error sistemático en la señal eléctrica de diferencia de temperatura T12 (véase la figura 14). Dicho error sistemático puede evitarse utilizando dos termopares o un termopar (véase la figura 26) como sensor de temperatura (diferencia). Debido a la naturaleza de los termopares o termopilas, estos no tienen error sistemático de desviación.

Utilizando este tipo de sensor de temperatura en la invención propuesta, se obtiene un punto cero “natural” para el dispositivo de medición de flujo, sin un error sistemático.

15 - *Opción de calibrado*

20 El criterio de control es ajustar la diferencia de temperatura física entre los dos objetos a cero. En un proceso de calibrado, llevando el controlador a un modo de calibrado e igualando al mismo tiempo las dos energías P_1 y P_2 a cero - $P_1=0, P_2=0$ - los dos objetos se enfriarán intensamente y, después de cierto intervalo de tiempo, asumirán la temperatura del medio y del ambiente y, por tanto, automáticamente se hacen mutuamente iguales (sin controlador activo), de manera que $T_1=T_2$. Esto se producirá también en un medio - fluente.

25 Después de un período de intenso enfriamiento, de manera que $T_1=T_2$, la señal eléctrica T12 puede ser medida y la “desviación de calibrado” puede ser realizada de tal manera que la señal eléctrica $\Delta T=0$. Después de la fase de calibrado, dicho valor de “desviación de calibrado” puede ser utilizado como compensación del error sistemático de los sensores de temperatura.

- *Autoanálisis*

30 Como el controlador es capaz de reponer ΔT a cero, resulta también evidente cuando este objetivo no se alcanza. El alcance o no del objetivo directamente impuesto constituye un criterio para la operación de la medición de flujo, y esta información puede utilizarse como tal.

35 Deberá hacerse notar que las señales de salida, trazadas en la figura 18 y en la figura 19, dependen en parte de diversos parámetros asociados con el medio, tales como la densidad del medio, el calor específico del medio y el caudal.

Realizaciones

40 La invención incluye diversas realizaciones relativas al circuito eléctrico y al controlador, así como también la construcción de los objetos relativos al medio fluente.

En primer lugar, se describirán siete realizaciones eléctricas de la invención con referencia a las figuras 20 a 26, inclusive.

45 En la figura 24 se muestra una realización genérica de la invención. En este caso, se utilizan como objetos dos resistencias dependientes de la temperatura. Los objetos están rodeados por el medio fluente. Aplicando las corrientes eléctricas I_1 , I_2 y midiendo las tensiones resultantes V_1 , V_2 , el controlador conoce las energías ($P_{gen1}=I_1*V_1$) y ($P_{gen2}=I_2*V_2$) disipadas y generadas en los dos objetos. El controlador conoce también la temperatura de los dos objetos determinando simultáneamente $V_1/I_1=R_1$ y $V_2/I_2=R_2$.

50 En el controlador, puede haberse implementado también un proceso de calibrado con la finalidad de, durante dicho proceso, detener el controlador, reponer las energías P_1 y P_2 , detectar el error sistemático y grabarlo por medio de un valor de desviación de calibrado.

55 Está dibujado un controlador digital (proporcional o no) que tiene dos convertidores analógico/digital y dos convertidores digital/analógico. Los controladores propuestos pueden también haberse diseñado de manera análoga, eliminándose entonces los cuatro convertidores citados.

60 En las figuras 20 a 23, inclusive, se dan realizaciones de la invención, siendo controlada la diferencia de temperatura de dos objetos en un flujo de medio. Los objetos consisten siempre en una combinación de dos elementos de resistencia que están en contacto térmico íntimo entre sí. La resistencia R1 y la resistencia R2 junto con su conexión térmica íntima constituyen un objeto que es considerado como el objeto R1#R2, y las resistencias R3 y R4 constituyen juntas un objeto que es considerado como el objeto R3#R4.

65 Debido a la naturaleza de la realización de los circuitos eléctricos mostrados en las figuras 20 a 23, inclusive, dichos circuitos comienzan automáticamente a oscilar con su propia frecuencia específica llamada de rueda libre o incontrolada.

ES 2 296 365 T3

Las resistencias R2 y R3 dependientes de la temperatura, que actúan como sensores de temperatura de los objetos R1#R2 y R3#R4, siempre se incluyen en un circuito en puente. Las resistencias tienen un coeficiente de temperatura positivo.

5 La resistencia R1 constituye el disipador del objeto R1#R2 y la resistencia R4 constituye el disipador del objeto R3#R4. Por medio de un comparador, se averigua la señal de salida del mencionado circuito en puente, y se determina si el objeto R1#R2 tiene una temperatura más alta o más baja que el objeto R3#R4. Si el objeto R1#R2 tiene una temperatura más alta que el objeto R3#R4, la salida del comparador será “baja”, y por medio del convertidor la entrada del interruptor electrónico Q2 será “alta” y se abrirá. Debido a esto, la resistencia R4 comenzará a disipar hasta que se
10 invierta la señal de salida del puente. En ese momento, la temperatura del objeto R3#R4 es más alta que la del objeto R1#R2. El comparador se invertirá entonces una vez más y la salida del comparador se hará “alta”. Como resultado, el interruptor Q1 se abrirá y la resistencia R1 comenzará a disipar. Q2 se cerrará y la resistencia R4 dejará de disipar.

El circuito descrito comenzará a oscilar con una frecuencia determinada por las constantes de tiempo de los objetos
15 R1#R2 y R3#R4. La forma de la señal en la posición “info out” en el circuito será la esbozada en la figura. Durante t_1 , la resistencia R1 disipará y durante t_2 , la resistencia R4 disipará. Como los dos interruptores son idénticos y las resistencias de disipación tienen la misma tensión de alimentación, la energía momentánea disipada será igual para ambas resistencias en el momento en que una resistencia disipa. Como resultado, el período de tiempo durante el cual los interruptores están “conectados” es una medida directa de la energía media disipada en las resistencias.
20

Con ello, la relación de los intervalos de tiempo $t_1/(t_1+t_2)$ es igual a la relación de energía $P_1/(P_1+P_2)$ (véase la figura 18). Asimismo, la relación $(t_1-t_2)/(t_1+t_2)$ es igual a $(P_1-P_2)/(P_1+P_2)$ (véase la figura 19).

En la realización mostrada en la figura 21 el comparador controla directamente las resistencias de disipador R1 y
25 R4, y se evita el uso de interruptores eléctricos adicionales tales como Q1 y Q2 en la figura 20.

La realización de la invención, esbozada en la figura 22, es sustancialmente similar a la realización de la invención esbozada en la figura 20. En este caso, se evita el uso del circuito inversor acoplado directamente el interruptor eléctrico Q1 a la salida del interruptor Q2. Para el resto, el comportamiento funcional del circuito electrónico de esta
30 realización es igual al del mostrado en la figura 20.

En la figura 23 se muestra la otra realización de la invención. Esta realización incluye un circuito controlador (digital). Por medio de la señal de “comprobación”, el controlador controla un circuito de conexión/desconexión/inversor.

35 Este circuito incluye dos sensores de temperatura R2 y R3 en un circuito en puente (una mitad) conectado a la entrada positiva de un comparador. La otra mitad del circuito en puente está formada por las resistencias R5 y R6.

Por medio del circuito de conexión/desconexión/inversor, el controlador puede conectar los interruptores Q1 y Q2 como se muestra en la figura 20, pero también es capaz de desconectar simultáneamente ambos interruptores
40

En el estado “desconectado” de ambos interruptores, el controlador ajusta el circuito a un estado de calibrado. En ese momento, el dispositivo ya no actúa como un medidor de flujo. En esta situación, los objetos no disiparán ni adoptarán la temperatura del medio. Después de cierto retardo, en el que los objetos han adquirido físicamente una temperatura igual, el controlador, usando un convertidor analógico/digital y un circuito convertidor digital/analógico,
45 puede determinar el valor de la desviación de calibrado y almacenarlo en una memoria propia.

En la fase de calibrado, la salida del comparador es vigilada por un convertidor analógico/digital.

El convertidor digital/analógico inyecta un (pequeño) flujo de desviación en la entrada negativa del comparador.
50 Usando un convertidor digital/analógico, el controlador controla el flujo de desviación anteriormente mencionado de tal manera que el comparador sólo invierte. El valor del flujo de desviación asociado con esta correcta inversión del comparador es el valor de desviación de calibrado citado en la invención.

En la figura 25 se muestra una realización de la invención. En este caso, se usan como objetos dos resistencias dependientes de la temperatura. Aplicando los flujos eléctricos I_1 , I_2 y midiendo las tensiones resultantes V_1 , V_2 , el controlador conoce las energías $P_{gen1} = I_1 * V_1$ ($P_{gen2} = I_2 * V_2$) disipada y generada en los dos objetos. Asimismo, el controlador conoce la temperatura de ambos objetos determinando simultáneamente $V_1/I_1 = R_1$ y $V_2/I_2 = R_2$.

Se traza un controlador digital (posiblemente proporcional) que tiene dos convertidores analógicos/digitales y
60 dos convertidores digitales/analógicos pero naturalmente el controlador puede también diseñarse de manera análoga, omitiéndose los convertidores.

En la figura 26 se muestra otra realización de la invención. En este caso, los dos objetos consisten, por una parte, en resistencias y, por otra, en sensores de temperatura de termopar.

65 Igual que en la figura 25, se usan aquí resistencias como disipadores para generar calor en los objetos, pero, al contrario de lo que sucede con la realización de la figura 26, se usa un termopar como sensor para la diferencia de temperatura entre los dos objetos.

ES 2 296 365 T3

La energía disipada en las dos resistencias es controlada y calculada de la misma manera que para la realización de la figura 25.

El termopar genera directamente una señal diferencia directamente proporcional a $T_1=T_2$: $\Delta T = \text{constante} \cdot (T_1-T_2)$.

En ambas realizaciones mostradas en la figura 25 y en la figura 26 se usan los dos objetos cuya diferencia muta de temperatura se ajusta a cero.

Además, en la figura 27 se da una realización del medidor de flujo de medio en el que se controlan dos pares de objetos de acuerdo con la invención.

En esta realización del dispositivo de medición de flujo, la diferencia de temperatura entre los objetos O_1 y O_2 se ajusta a cero y la diferencia de temperatura entre los objetos O_3 y O_4 se ajustan a cero.

Ambos pares de objetos se ajustan aplicando el método CTA (distribución como en la figura 17). En este caso, la temperatura de referencia de ambos objetos O_1 y O_2 se encuentra en un valor fijo sobre el valor de la temperatura de referencia de los objetos O_3 y O_4 .

Con la temperatura constante de los objetos O_3 y O_4 , quizás se puedan impedir influencias exteriores asimétricas desde el par de objetos O_1 , O_2 .

En una realización de la invención, tal como en la mostrada en la figura 28, se incluyen $n/2$ pares de objetos en un dispositivo de medición de flujo. Se ajusta la temperatura de todos los pares de objetos por medio del método CTA (véase la figura 17, entre otras cosas), a una temperatura constante sólo por medio de cuantos controladores controlen las energías de disipación.

En la figura 28 (parte media) se esboza la distribución de temperatura resultante en función de la posición para dos flujos diferentes. Las energías totales requeridas (siempre P_1+P_2 por controlador) se muestran en la figura 28 (parte inferior). En esta realización, se incorpora una redundancia, de manera que un sistema de medición de flujo que consta de $n/2$ combinaciones de la invención en caso de parada de uno de los sistemas de controlador de $2/n$ pares de objetos está diseñado de tal manera que puede continuar funcionando.

En la figura 29, se indica la manera en que un objeto O_1 puede construirse de tal manera que el objeto envuelve completamente al medio (fluyente). Asimismo, la longitud l del objeto O_1 en la dirección de la construcción tubular se elige de tal manera que la temperatura del medio en la posición de O_1 se hace igual a la temperatura T_1 medida. En esta situación, se usa un perfil de temperatura completamente desarrollado en la dirección perpendicular a la construcción tubular.

En la figura 30, dos objetos están montados alrededor de la construcción tubular. La longitud de los objetos es tal que aparece un perfil de temperatura completamente desarrollado (véanse la figura 25 y la figura 26).

En la figura 31 (parte superior) se da una sección transversal de dos objetos en un medio fluyente. En la figura 31 (parte inferior) se indica de qué modo pueden construirse dos objetos tubulares en la dirección perpendicular a otra construcción tubular que envuelve el medio.

En la figura 32 se da una sección transversal de una realización en la que cada uno de los dos objetos está configurado en un tipo de construcción de sonda.

En la figura 33 se da una realización en la que los dos objetos están separados del medio por un tabique (delgado). Dicho tabique puede estar hecho, por ejemplo, de acero inoxidable.

Dicha realización de dos objetos, dada en la figura 33, puede ser incluida en la pared lateral de una construcción tubular como se da en la figura 35. La realización de dos objetos dada en la figura 33 puede incluirse en el lado frontal de una construcción de "sonda", es decir, en una construcción tubular como la mostrada en la figura 34.

En la figura 37 se da una vista en planta de la realización. Las dimensiones exteriores son 1 milímetro por 2 milímetros. Hay dos objetos, que consisten en una barra, que están suspendidos libremente por encima de una depresión corroída. Cada objeto o barra soporta dos resistencias. La longitud de los objetos en la vista en planta de la figura 37 es de 1 mm.

En la figura 36 se traza una sección transversal de dicha realización de los dos objetos. Las dimensiones de los dos objetos en la sección transversal son de 1 micra de grosor y 40 micras de longitud en la dirección de flujo.

En la figura 38 se muestra una sección transversal de una realización de la invención. Cuatro pistas de resistencia en un portador sintético, dos a dos, forman un objeto que puede ser controlado como se explica en lo que antecede (con referencia a la figura 14).

ES 2 296 365 T3

Las figura 39a y 39b muestran estructuras sustancialmente iguales, usando una depresión amplia por encima de la cual se extienden barras. En cada barra, se encuentra una o más resistencias.

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición de flujo del tipo térmico para medir el flujo de un medio, comprendiendo el dispositivo:

- dos elementos de calentamiento espaciados (R1, R2; Fig. 24, 25, 26), para hacer contacto térmico con el medio fluyente, cuyo flujo se ha de medir;
- medios dispuestos para alimentar energía eléctrica a cada uno de dichos elementos de calentamiento;
- medios dispuestos para medir una diferencia de temperatura entre dichos dos elementos de calentamiento
- un circuito de control para controlar las energías eléctricas suministradas a los dos elementos de calentamiento para llevar la diferencia de temperatura hacia cero;
- medios dispuestos para determinar las energías eléctricas alimentadas a cada elemento de calentamiento;
- siendo la asimetría en la distribución de las potencias eléctricas alimentadas a los elementos de calentamiento representativa del flujo.

2. Dispositivo de medición de flujo del tipo térmico para medir el flujo de un medio, comprendiendo el dispositivo:

- dos elementos de calentamiento espaciados (R1, R4; Fig. 20, 21, 22, 23) para hacer contacto térmico con el medio fluyente, cuyo flujo se ha de medir;
- medios dispuestos para alimentar energía eléctrica a cada uno de dichos elementos de calentamiento;
- dos sensores de temperatura (R2, R3; Fig. 20, 21, 22, 23), estando cada sensor de temperatura en contacto térmico íntimo con el correspondiente de dichos elementos de calentamiento, para medir una diferencia de temperatura entre dichos dos elementos de calentamiento,
- un circuito de control dispuesto para determinar cuál de los elementos de calentamiento es un elemento de calentamiento más frío;
- estando dispuestos los medios de alimentación de energía para alimentar energía eléctrica al primero de dichos elementos de calentamiento que esté más frío que el otro de dichos elementos de calentamiento hasta el momento en que el otro elemento de calentamiento llegue a estar más frío que el primero de dichos elementos de calentamiento, e invertir dicho proceso inmediatamente después, de tal manera que el otro elemento de calentamiento sea calentado hasta que se convierta en el elemento de calentamiento más caliente, siendo los períodos de tiempo durante los cuales los elementos de calentamiento son calentados una medida directa de la energía media disipada en los elementos de calentamiento, y siendo la distribución de dichas energías alimentadas a los elementos de calentamiento representativa del flujo.

3. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que la suma total de la energía eléctrica alimentada es constante.

4. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que los elementos de calentamiento (R1, R2; Fig. 25) son de un material resistivo dependiente de la temperatura que tiene un coeficiente de temperatura negativo o positivo y también funcionan como sensores de la temperatura para percibir una diferencia de temperatura entre los elementos de calentamiento.

5. Dispositivo según la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que está prevista una termopila para medir una diferencia de temperatura entre los dos elementos de calentamiento (R1, R2; Fig. 26).

6. Dispositivo según la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que a cada elemento de calentamiento (R1, R4) se une un sensor de temperatura (R2, R3), basado en un material que tiene una resistencia dependiente de la temperatura, seleccionado del grupo de metales y aleaciones, semiconductores y materiales que tienen un coeficiente de temperatura positivo o negativo, para medir una diferencia de temperatura entre los elementos de calentamiento.

7. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el sensor de flujo es implementado como una pastilla semiconductor.

8. Dispositivo según la reivindicación 7, en el que la pastilla se basa en silicio.

9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende provisiones de autodiagnos, pudiéndose determinar la estabilidad del sistema sobre la base de averiguar el circuito de control, y pudiéndose detectar un fallo de funcionamiento de un sensor de temperatura o elemento de calentamiento.

ES 2 296 365 T3

10. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que se incluyen medios para calcular el flujo basándose en una relación de la energía eléctrica determinada desde cada uno de dichos elementos de calentamiento.

5 11. Dispositivo según la reivindicación 10, en el que el cálculo se basa en la relación P_1/P_1+P_2 , en que P_1 es la energía eléctrica determinada en primer lugar para uno de dichos elementos de calentamiento y P_2 es la energía eléctrica determinada en segundo lugar para el otro de dichos elementos de calentamiento.

10 12. Dispositivo según la reivindicación 10, en el que el cálculo se basa en la relación P_1-P_2/P_1+P_2 , en que P_1 es la energía eléctrica determinada en primer lugar para uno de dichos elementos de calentamiento y P_2 es la energía eléctrica determinada en segundo lugar para el otro de dichos elementos de calentamiento.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

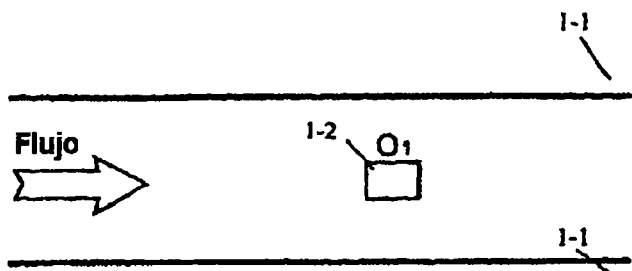


FIG 1

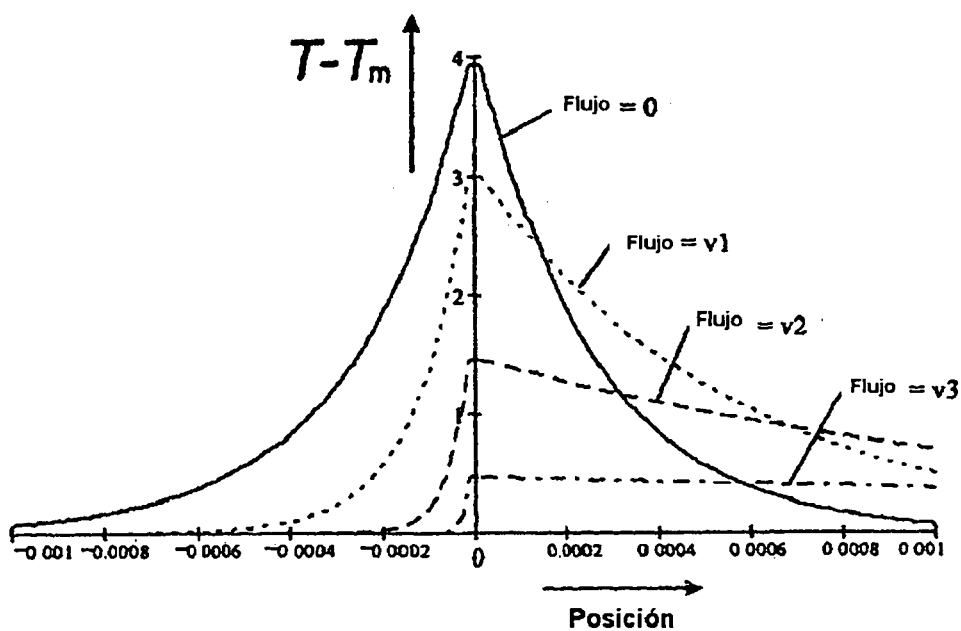


FIG 2

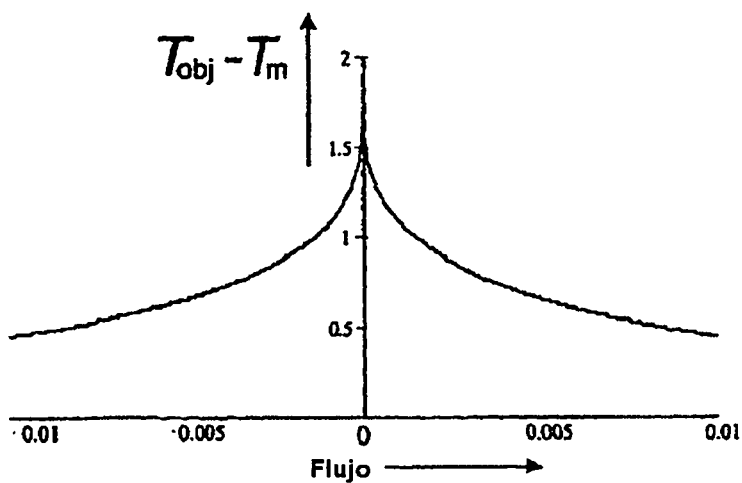


FIG 3

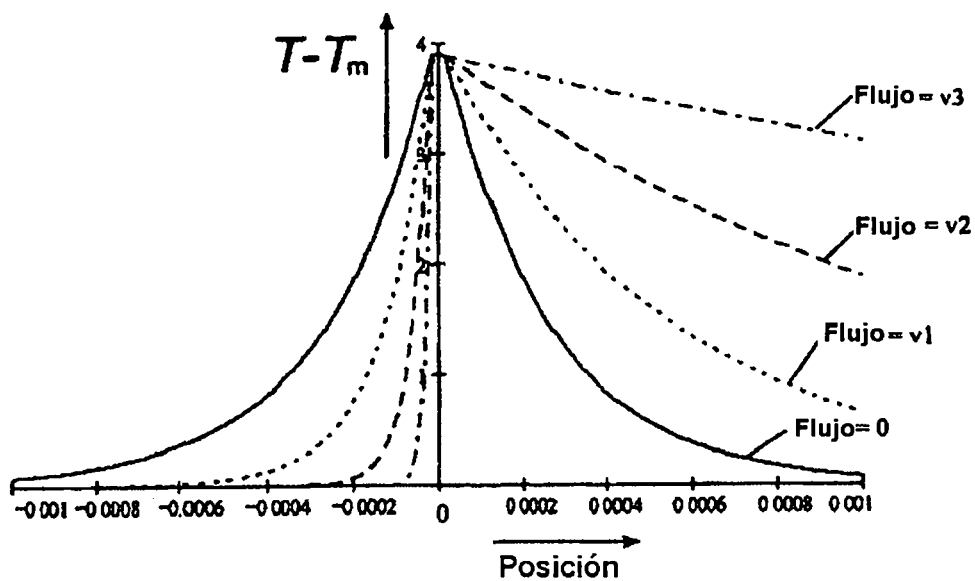


FIG 4

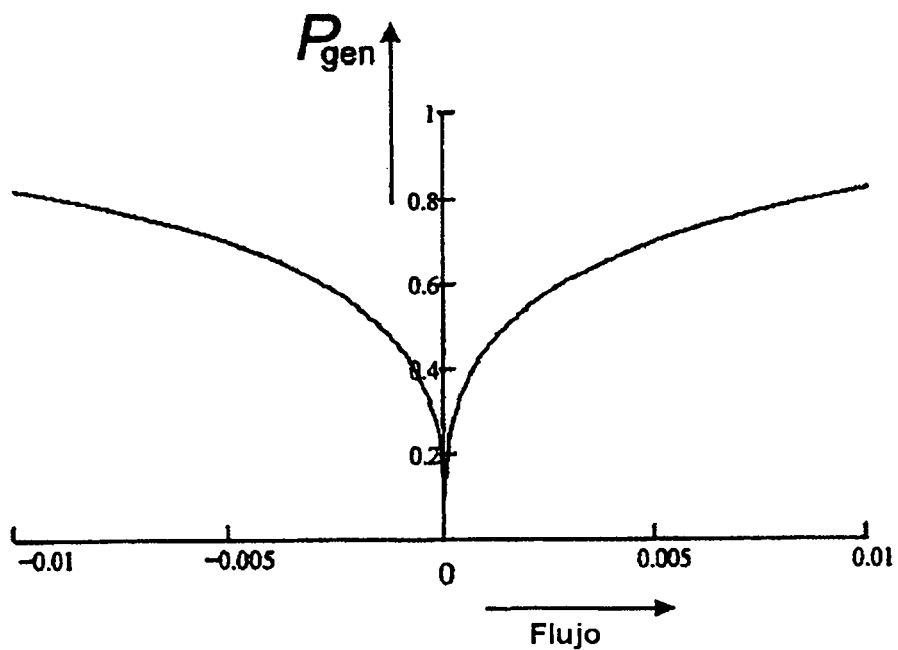


FIG 5

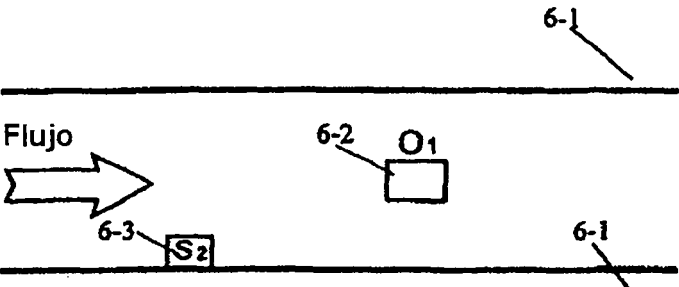


FIG 6

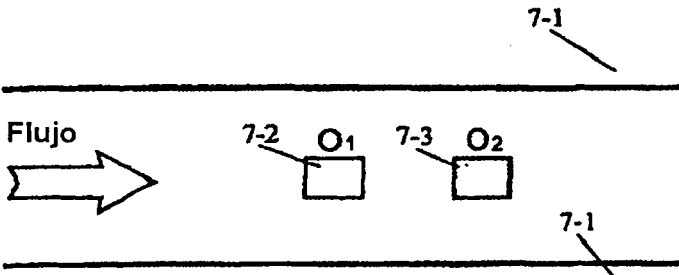


FIG 7

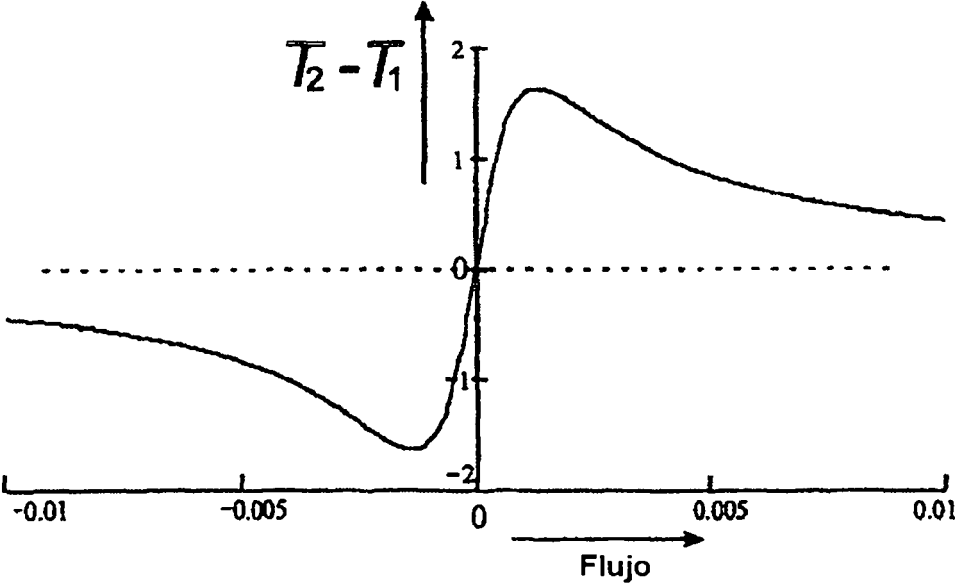


FIG 8

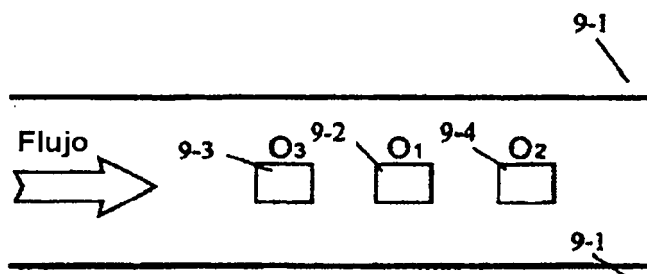


FIG 9

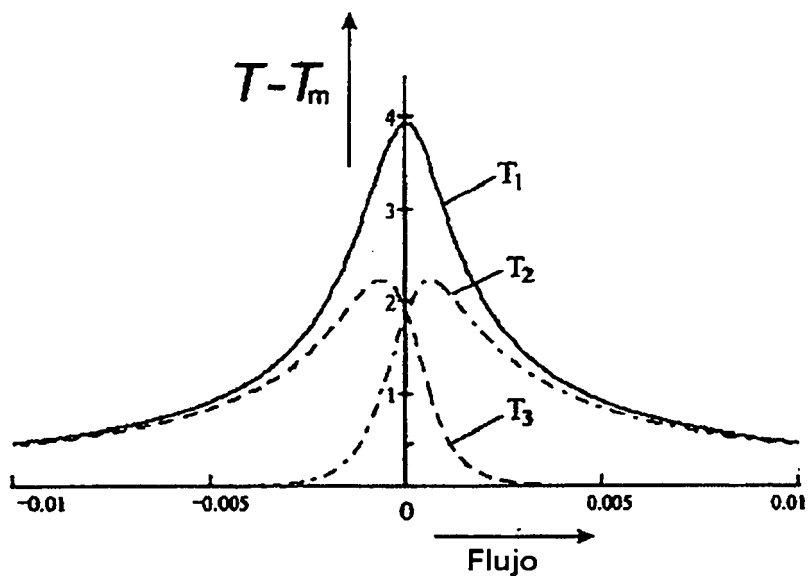


FIG 10

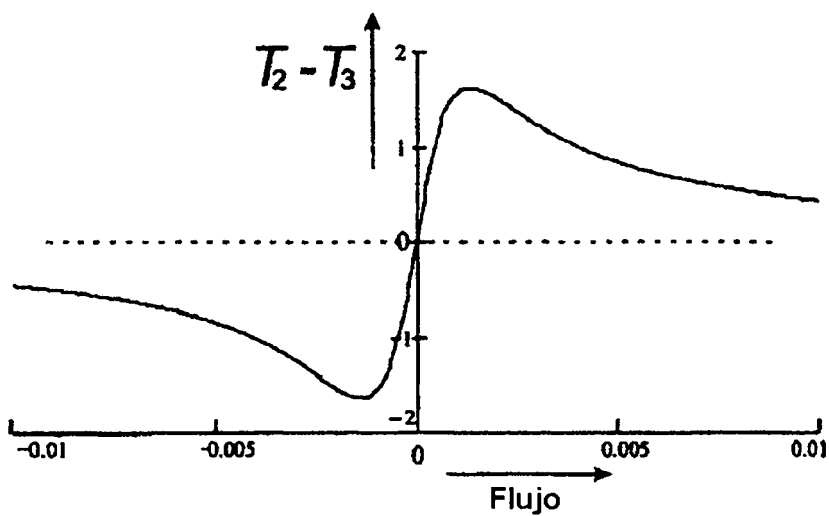


FIG 11

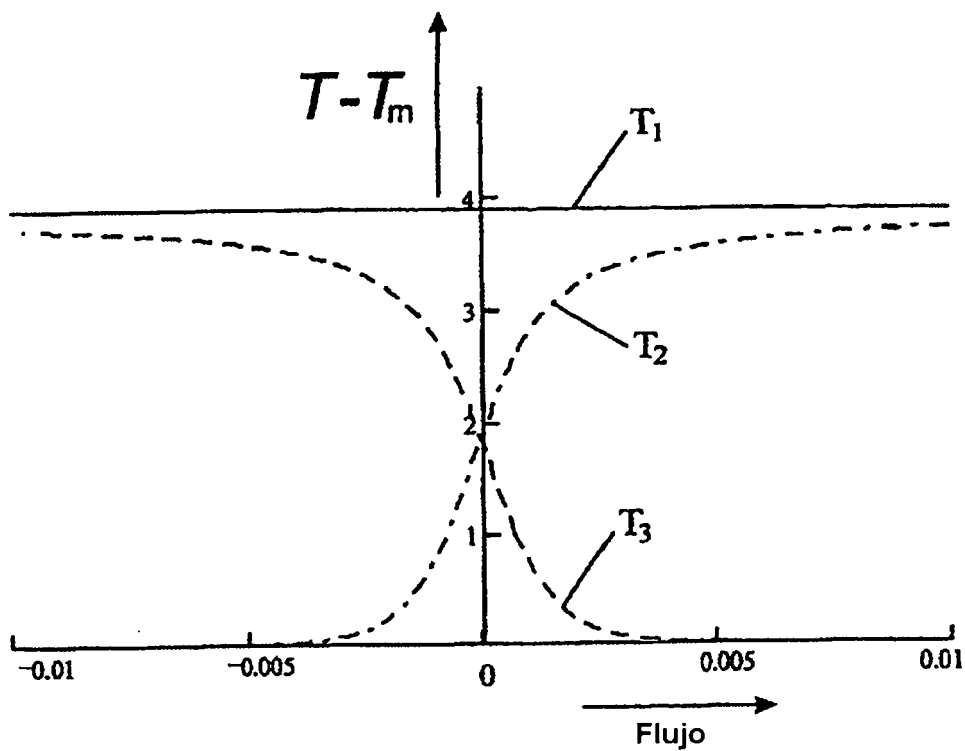


FIG 12

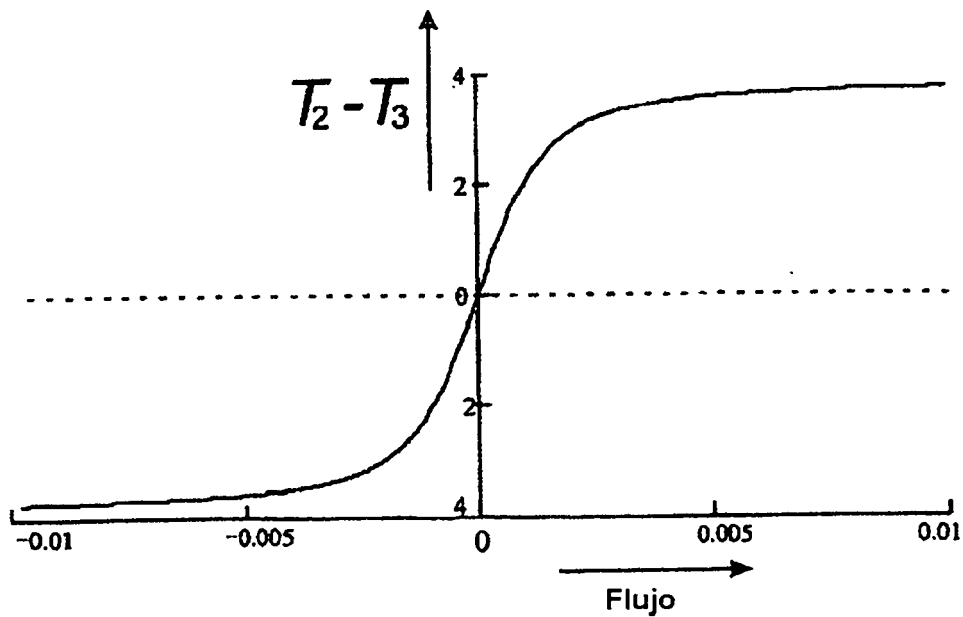


FIG 13

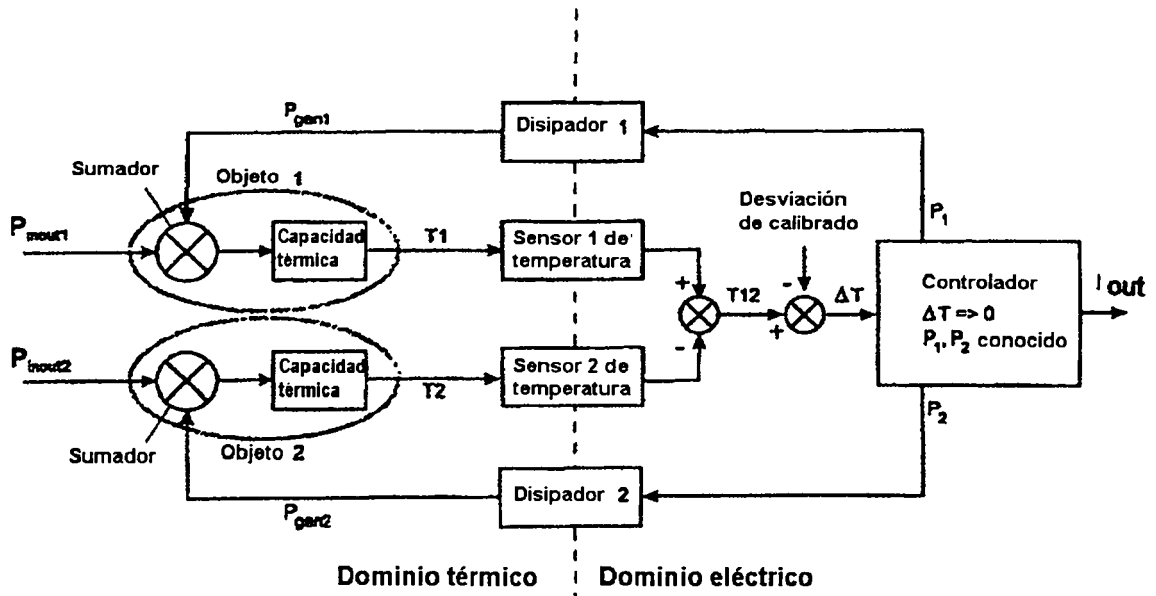


FIG 14

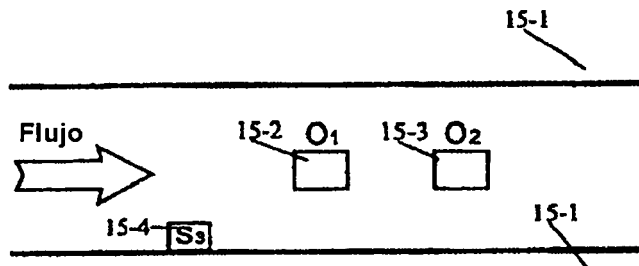


FIG 15

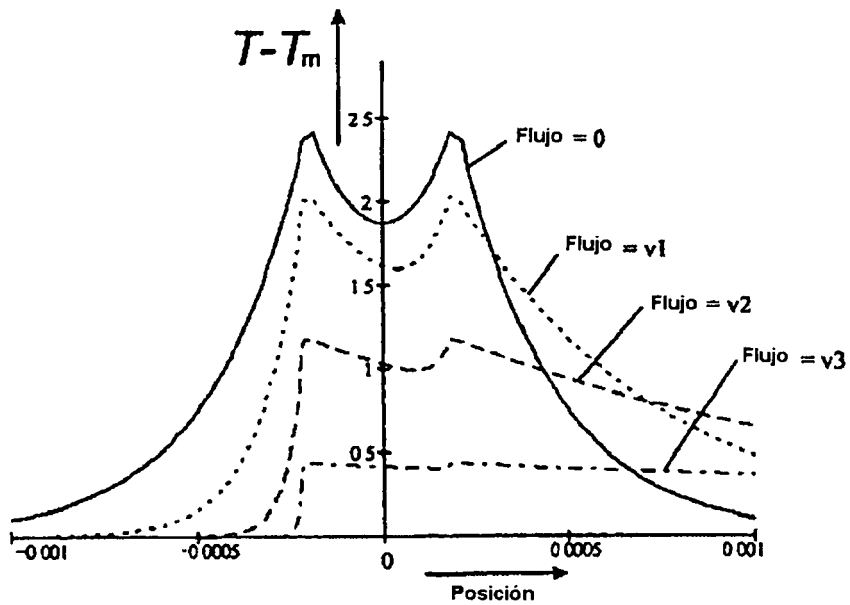


FIG 16

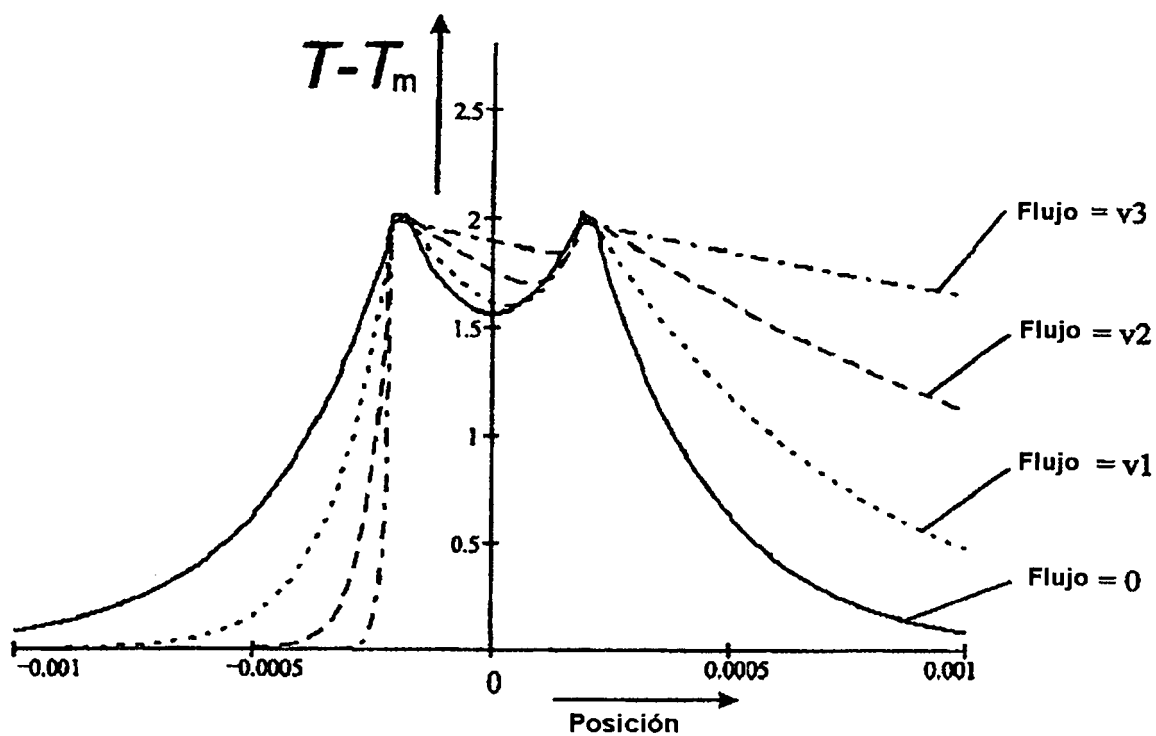


FIG 17

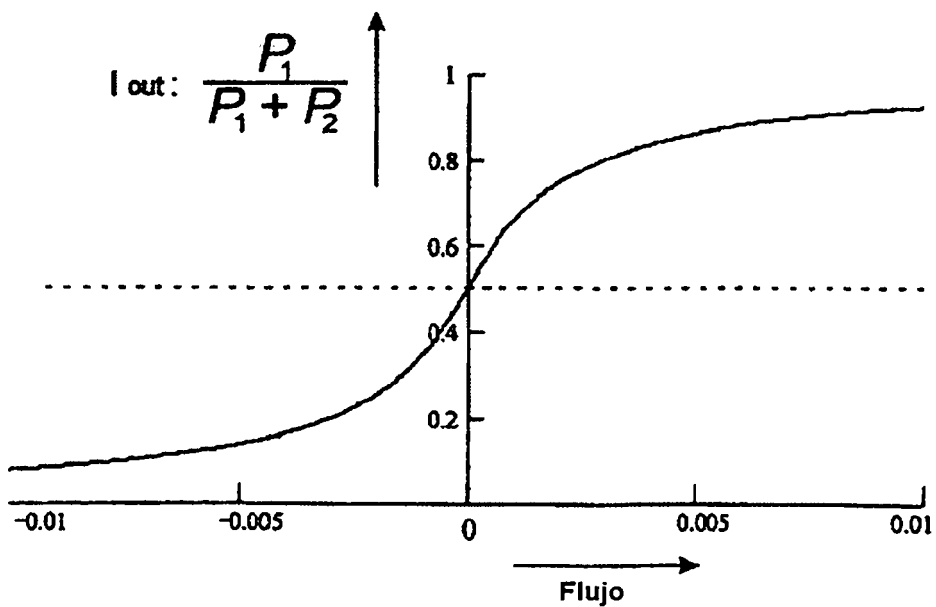


FIG 18

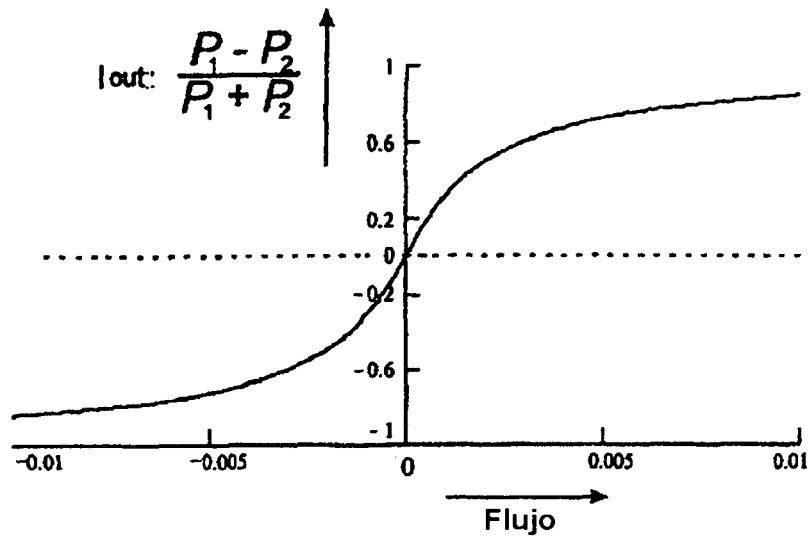


FIG 19

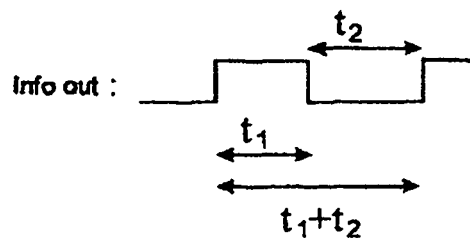
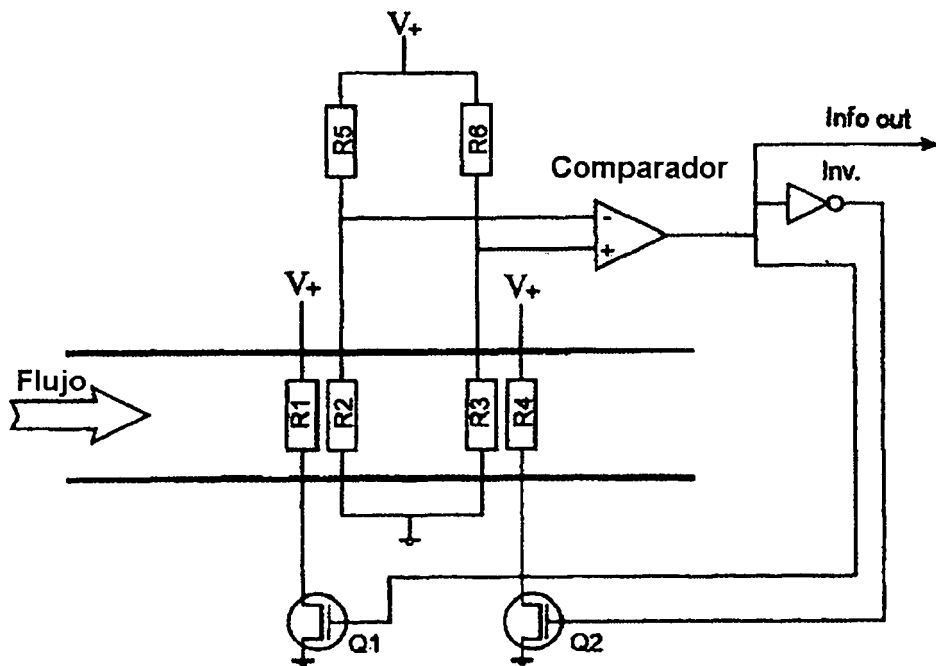


FIG 20

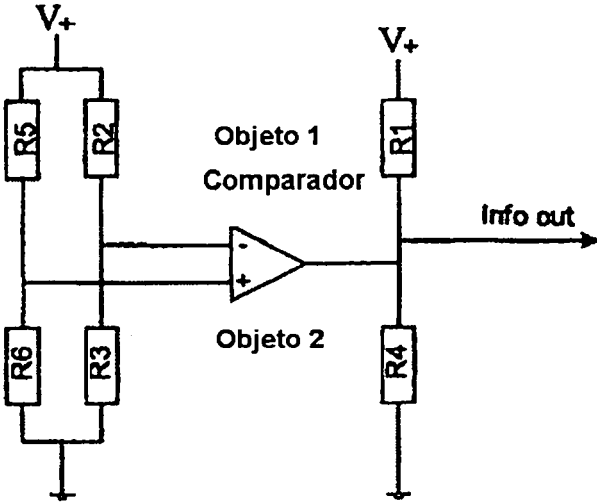


FIG 21

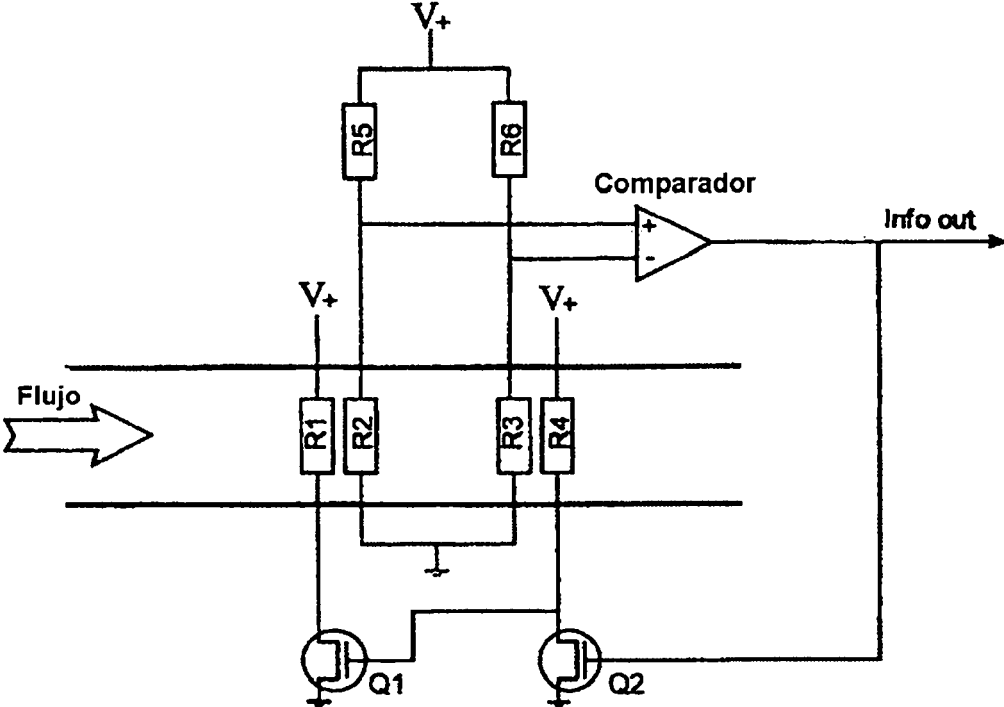


FIG 22

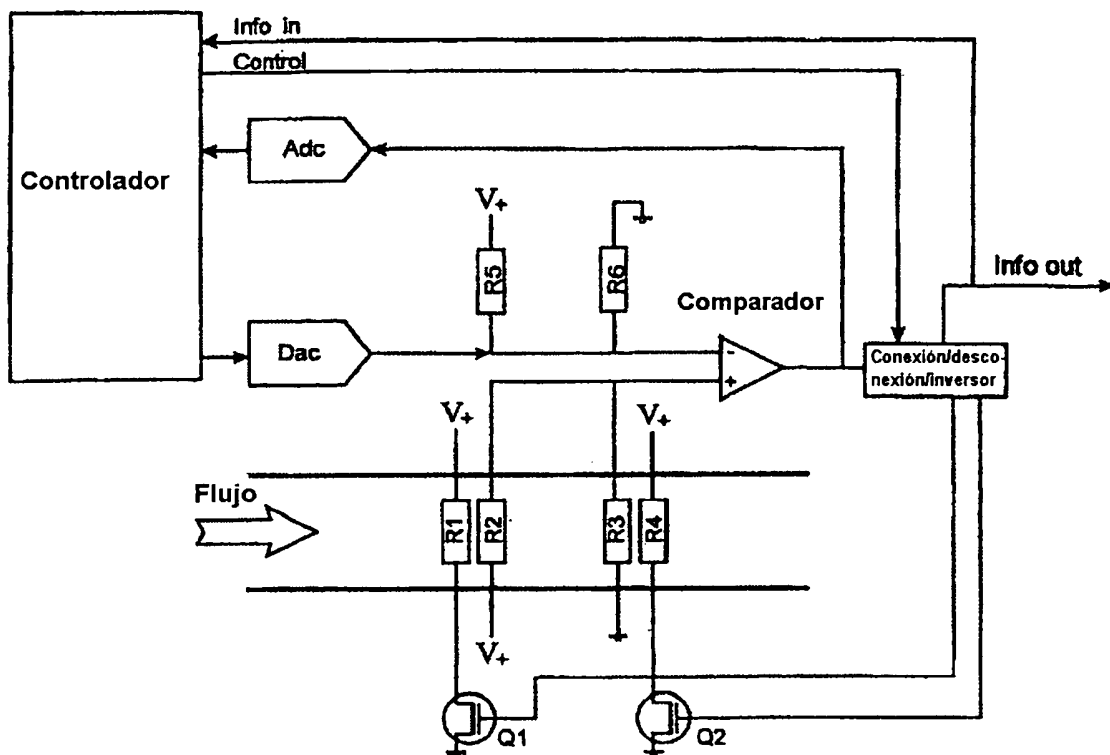


FIG 23

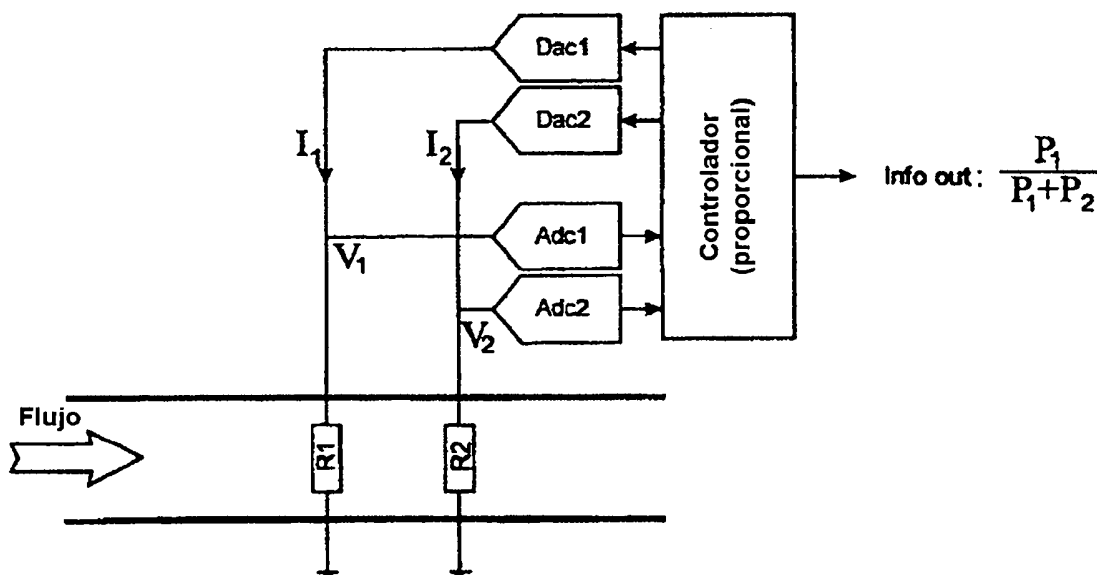


FIG 24

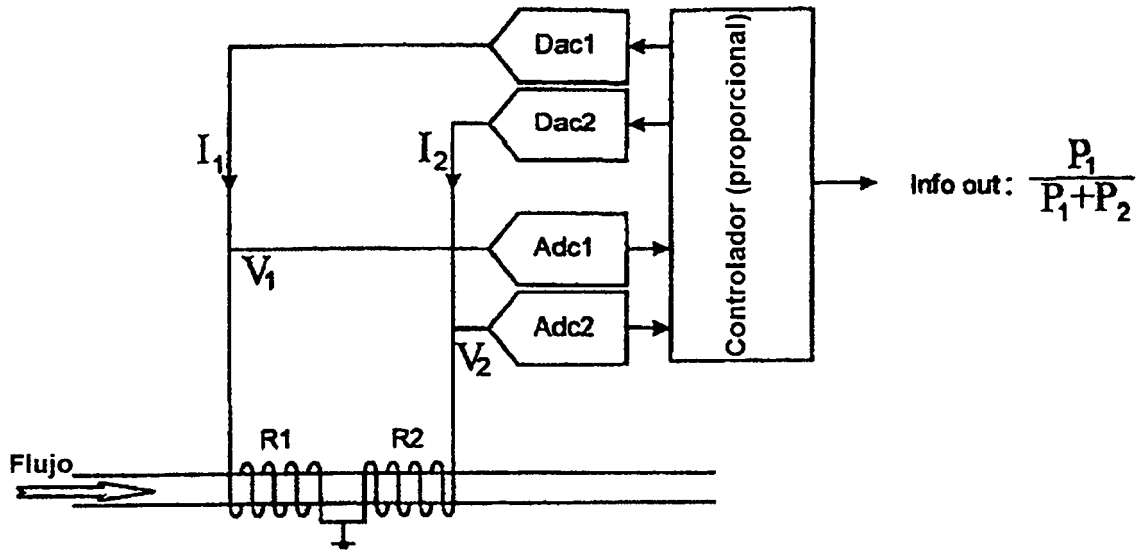


FIG 25

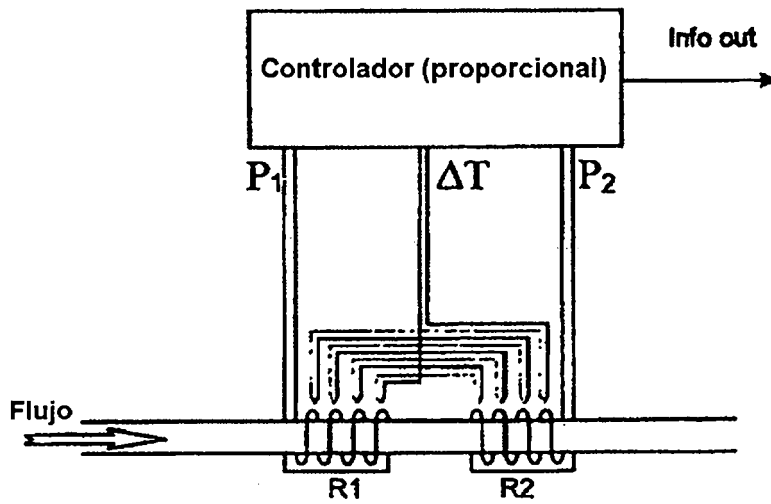


FIG 26

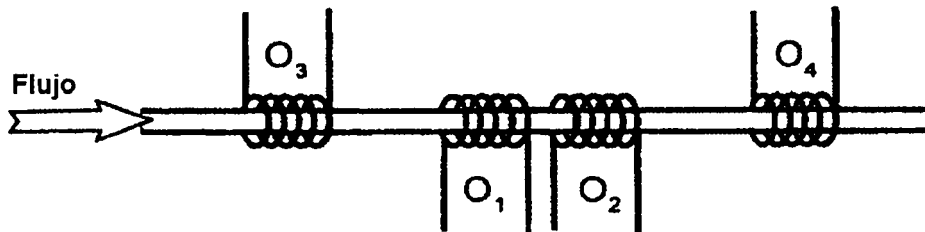


FIG 27

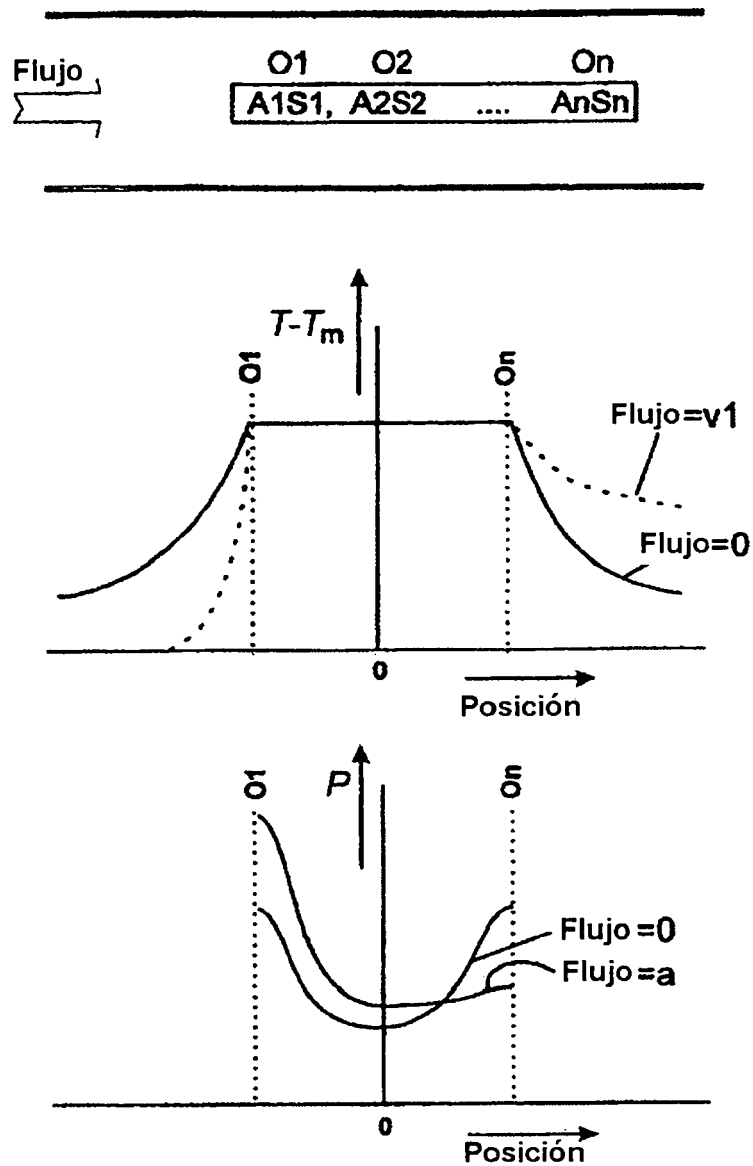


FIG 28

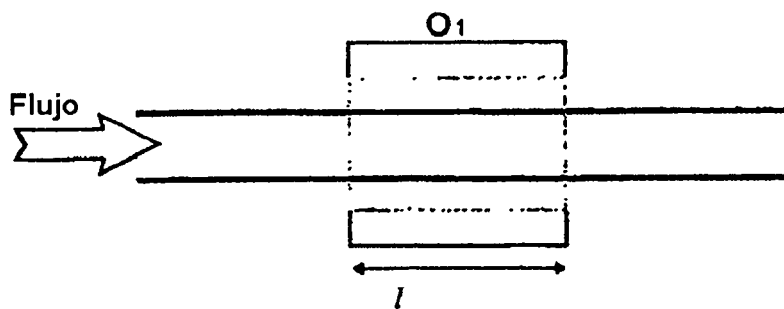


FIG 29

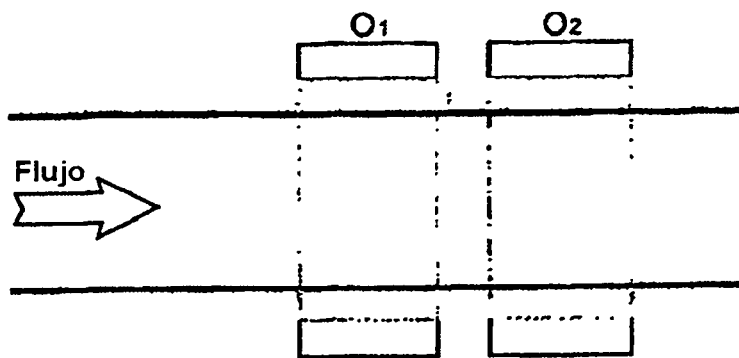


FIG 30

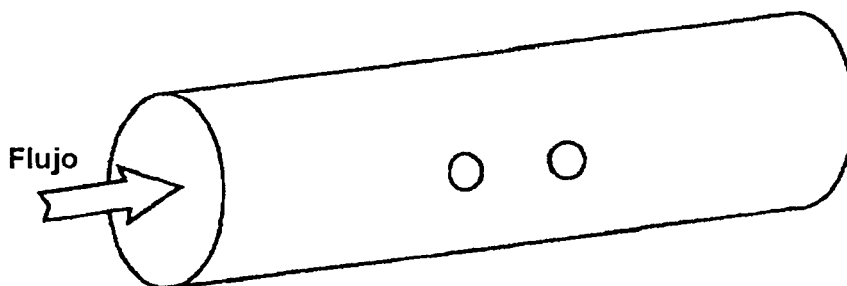
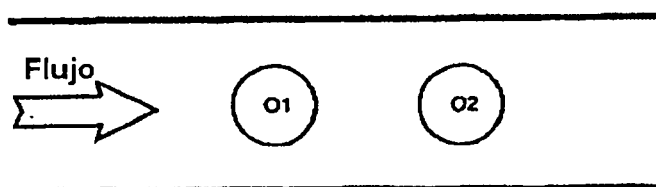


FIG 31

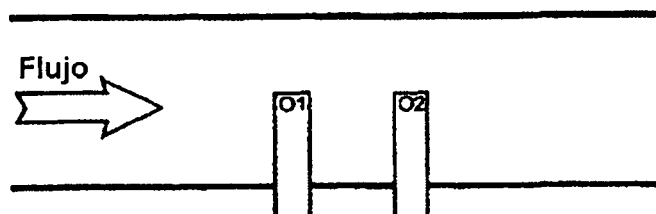


FIG 32

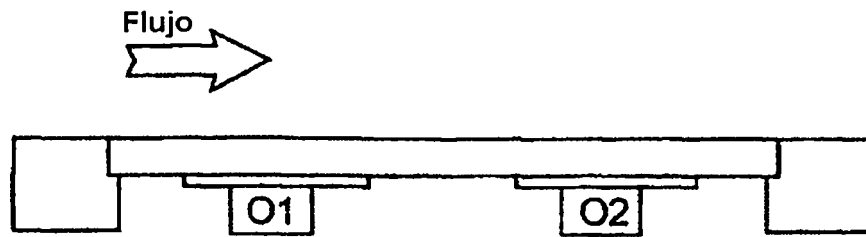


FIG 33

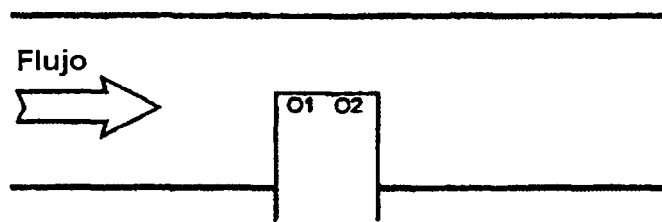


FIG 34

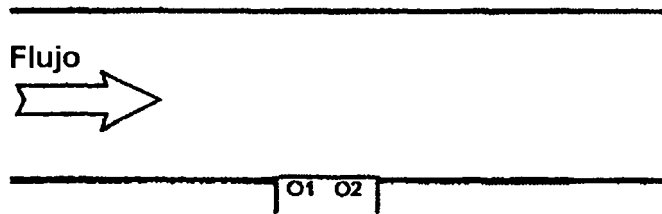


FIG 35

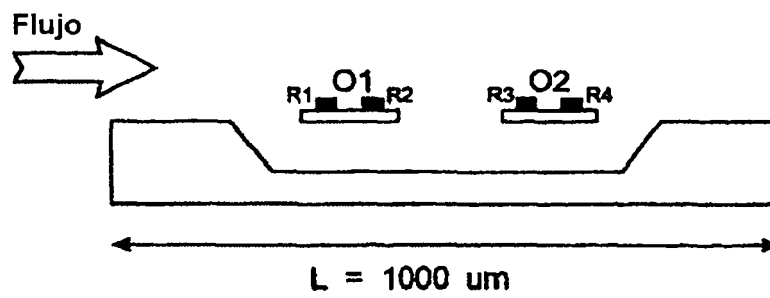


FIG 36

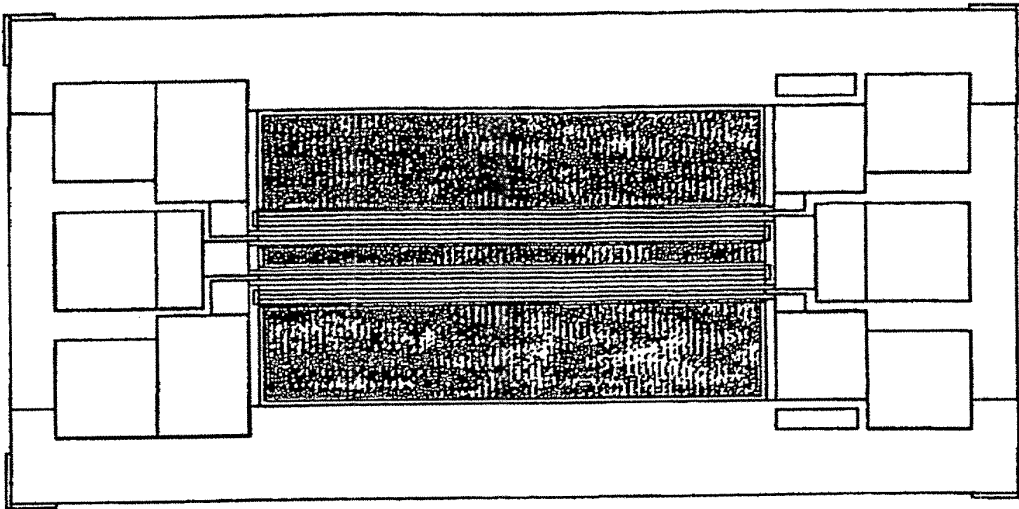


FIG 37

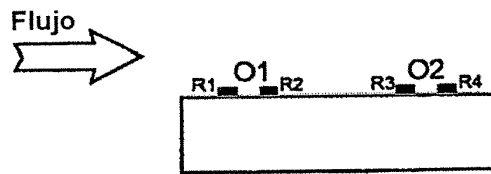


FIG 38

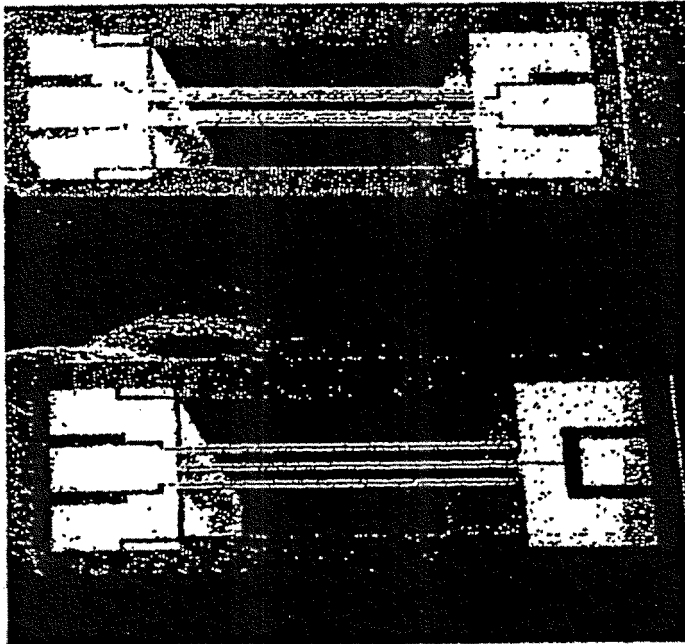


FIG. 39a

FIG. 39b