



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 055**

51 Int. Cl.:  
**G01F 1/684** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05254057 .2**

96 Fecha de presentación : **29.06.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1617185**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.01.2006**

54 Título: **Sensor de flujo térmico que tiene un diseño asimétrico.**

30 Prioridad: **30.06.2004 US 881538**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.08.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.08.2011**

73 Titular/es: **CODMAN & SHURTLEFF, Inc.**  
**325 Paramount Drive**  
**Raynham, Massachusetts 02767, US**

72 Inventor/es: **Neuenschwander, Beat;**  
**Schwarzenback, Hansueli;**  
**Burger, Juergen;**  
**Zumkehr, Frank y**  
**Crivelli, Rocco**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 364 055 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

Sensor de flujo térmico que tiene un diseño asimétrico

### Antecedentes de la invención

#### 1. Campo de la invención

- 5 La presente invención versa acerca de un sensor de flujo térmico. Más en particular, la presente invención versa acerca de un sensor de flujo térmico que puede ser utilizado para monitorizar el flujo de líquido cefalorraquídeo (LCR) dentro de una derivación.

#### 2. Presentación de la técnica relacionada

- 10 La hidrocefalia es una afección provocada por una acumulación anormal de LCR en cavidades dentro del cerebro. Si no se trata de forma apropiada, la hidrocefalia puede provocar graves incapacidades en niños y adultos, e incluso puede provocar la muerte. Si se acumula líquido cefalorraquídeo, los ventrículos se agrandan y la presión dentro del cerebro aumenta. La hidrocefalia es una afección degenerativa grave que se da en niños a partir del parto. Se supone que la hidrocefalia está causada por una interacción compleja entre factores genéticos y medioambientales. Una persona también puede adquirir la hidrocefalia en una etapa posterior de la vida, lo que puede ser debido, por
- 15 ejemplo, a espina bífida, hemorragia cerebral, meningitis, traumatismo craneal, tumores y quistes.

- La hidrocefalia se da en recién nacidos con una frecuencia de aproximadamente 1 de cada 5.000-10.000. En la actualidad no hay ninguna prevención ni cura conocidas para la hidrocefalia. Hasta ahora, el tratamiento más eficaz es la implantación quirúrgica de una derivación detrás de la oreja. Una derivación es un tubo flexible que se inserta en el sistema ventricular del cerebro para desviar el fluido cerebral a otras regiones del cuerpo. Sin embargo, las derivaciones fallan frecuentemente, lo que da lugar a infecciones que pueden causar graves complicaciones para el
- 20 paciente (por ejemplo, un desarrollo retrasado, discapacidades de aprendizaje).

Según algunas estimaciones, hasta un 50% de pacientes que reciben una derivación, tendrán un fallo de la derivación en algún momento durante su vida. La mayoría de fallos de las derivaciones son debidos a un catéter bloqueado y a una válvula de derivación ajustada de forma incorrecta.

- 25 Los presentes inventores creen que se puede detectar más fácilmente la incidencia de complicaciones debidas a un fallo de la derivación utilizando un sensor miniaturizado implantable de flujo, según la presente invención, que ha sido desarrollado para monitorizar el flujo de LCR. El sensor emplea sensores de temperatura y una unidad de calentamiento que no entran en contacto con el LCR, pero que, no obstante, miden el flujo de LCR y, por lo tanto, pueden ser implantados de forma que dure un periodo prolongado de tiempo (por ejemplo, más de 10 años). En particular, cuando se implanta una válvula de derivación en niños, se puede detectar de forma eficaz un fallo del implante mediante el uso de un sensor implantado adicional.

- 30 El documento EP 1 365 216 da a conocer un sensor de flujo que incluye un sustrato, una película aislante eléctricamente, y un mecanismo de detección de la velocidad de flujo. El documento EP 1 333 255 da a conocer un sensor de flujo que comprende un sustrato, un miembro que forma un canal y una placa dispuesta enfrente a través del sustrato. Hay formado un sensor de temperatura sobre una película aislante eléctricamente formada sobre el sustrato.

El sensor de flujo térmico según la presente invención representa un avance significativo en el tratamiento de la hidrocefalia en pacientes y también representa una etapa adicional hacia el desarrollo de un sistema de control de bucle cerrado, que puede optimizar de forma continua el caudal en la válvula de derivación del paciente.

- 40 Además, el sensor de flujo térmico de la presente invención proporciona a los médicos información novedosa, inalcanzable anteriormente acerca de la formación del líquido cefalorraquídeo (LCR), y del drenaje del mismo.

### Resumen de la invención

La presente invención proporciona sensores de flujo térmico según se enumera en las reivindicaciones.

### Breve descripción de los dibujos

- 45 Los anteriores objetos, características y ventajas y otros más de la presente invención serán evidentes tras la consideración de la siguiente descripción detallada de una realización específica de la misma, especialmente cuando se toma en conjunto con los dibujos adjuntos, en los que se utilizan los números similares de referencia en las diversas figuras para designar componentes similares, y en los que:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un sensor de flujo térmico no según la presente invención;

la Figura 2 es una vista esquemática en corte transversal tomada a lo largo de la línea 2-2 de la Fig. 1 y mirando en la dirección de las flechas;

la Figura 3 es una vista en corte transversal tomada a lo largo de la línea 3-3 de la Fig. 2 y mirando en la dirección de las flechas;

5 la Figura 4A es una vista en corte transversal similar a la Fig. 2 que muestra el sensor de flujo térmico que tiene únicamente dos sustratos con la ranura formada en el segundo sustrato;

la Figura 4B es una vista en corte transversal similar a la Fig. 2 que muestra el sensor de flujo térmico que tiene únicamente dos sustratos con la ranura formada en el primer sustrato;

10 la Figura 4C es una vista en corte transversal similar a la Fig. 2 que muestra el sensor de flujo térmico que tiene únicamente dos sustratos con la ranura formada tanto en el primer sustrato como en el segundo;

la Figura 5 es una vista en corte transversal similar a la Fig. 2 que muestra el sensor de flujo térmico que tiene únicamente un sustrato con la ranura formada en el mismo;

la Figura 6 es una vista en corte transversal tomada a lo largo de la línea 5-5 de la Fig. 5 y mirando en la dirección de las flechas;

15 la Figura 7 es una vista ampliada parcial en perspectiva del primer sustrato y de la unidad de calentamiento y de dos sensores de temperatura montados en la superficie superior del primer sustrato;

la Figura 8A es una vista parcial en corte transversal del sensor de flujo térmico que muestra los rebajes en el primer lado del primer sustrato;

20 la Figura 8B es una vista parcial en corte transversal del sensor de flujo térmico que muestra el rebaje en el segundo lado del primer sustrato;

la Figura 8C es una vista parcial en corte transversal del sensor de flujo térmico que muestra uno de los rebajes en el primer lado del primer sustrato y el otro rebaje en el segundo lado del primer sustrato;

la Figura 8D es una vista parcial en corte transversal del sensor de flujo térmico que muestra los rebajes en el primer lado del primer sustrato y en el segundo lado del primer sustrato;

25 la Figura 9A es una vista en corte transversal de un sensor de flujo térmico no según la invención, que muestra un diseño asimétrico de los sensores de temperatura corriente arriba de la unidad de calentamiento;

la Figura 9B es una vista en corte transversal de un sensor de flujo térmico según la invención, que muestra un diseño asimétrico de los sensores de temperatura corriente abajo de la unidad de calentamiento;

30 la Figura 10A es una vista en corte transversal de un sensor de flujo térmico no según la invención, que muestra un diseño asimétrico de los sensores de temperatura corriente arriba de la unidad de calentamiento y dentro del conducto;

la Figura 10B es una vista en corte transversal de un sensor de flujo térmico no según la invención, que muestra un diseño asimétrico de los sensores de temperatura corriente abajo de la unidad de calentamiento y dentro del conducto;

35 la Figura 11 es una vista en perspectiva que muestra un sensor de flujo térmico que está incorporado dentro de una derivación; y

la Figura 12 es una vista esquemática en planta de un lado primero o segundo de un primer sustrato que muestra la unidad de calentamiento y los sensores de temperatura, no según la presente invención.

**Descripción detallada de la realización ejemplar preferente en la actualidad**

40 Con referencia ahora a las Figuras 1 a 6, se ilustra un sensor 10 de flujo térmico no según la presente invención. El sensor de flujo térmico en una realización ejemplar preferente en la actualidad incluye un primer sustrato 12, un segundo sustrato 14 y un tercer sustrato 16. El primer sustrato 12 tiene un primer lado 18 y un segundo lado opuesto 20. El segundo sustrato 14 tiene un primer lado 22 y un segundo lado opuesto 24. El tercer sustrato 16 tiene un primer lado 26 y un segundo lado opuesto 28. El primer sustrato 12 está conectado al segundo sustrato 14, de forma que el segundo lado 20 del primer sustrato 12 hace contacto con el primer lado 22 del segundo sustrato 14. El tercer sustrato 16 está conectado al segundo sustrato 14, de forma que el segundo lado 24 del segundo sustrato 14 hace contacto con el primer lado 26 del tercer sustrato. Preferentemente, el primer sustrato está unido al segundo sustrato, y el segundo sustrato está unido, preferentemente, al tercer sustrato. Preferentemente, los sustratos primero y tercero están fabricados de vidrio de borosilicato, por ejemplo PYREX® o BOROFLOAT®.

45

50 Preferentemente, el segundo sustrato está fabricad de silicio.

El segundo sustrato 14 tiene una ranura 30 formada en el mismo, de manera que forma un conducto 32 limitado por el segundo sustrato 14 y el segundo lado 20 del primer sustrato y el primer lado 26 del tercer sustrato, como se ilustra en la Fig. 2. Preferentemente, la ranura está formada al decapar el segundo sustrato 14 de silicio. En una realización ejemplar, la ranura puede tener una dimensión en corte transversal de  $380\ \mu\text{m} \times 3000\ \mu\text{m}$ . Hay dispuesta una unidad 34 de calentamiento en el primer lado 18 del primer sustrato 12 frente al conducto 32. Hay dispuesto un primer sensor 36 de temperatura en el primer lado 18 de dicho primer sustrato 12 frente al conducto 32. También hay dispuesto un segundo sensor 38 de temperatura en el primer lado 18 del primer sustrato 12 frente al conducto 32. Este sensor puede detectar una diferencia de temperatura de aproximadamente  $0,005^\circ\text{C}$  a un caudal de 300 ml/h.

Preferentemente, los sensores de temperatura y la unidad de calentamiento están creados por medio de una deposición de metal (por ejemplo, evaporación o deposición de electrones) directamente sobre el primer lado o el segundo lado del primer sustrato, que está fabricado, preferentemente, de vidrio de borosilicato. Estos procedimientos de deposición de metal permiten que se depositen películas delgadas de metal sobre la superficie de vidrio dentro de una cámara de vacío. Un experto en la técnica comprenderá fácilmente cómo se diseñan las películas delgadas por medio de procedimientos litográficos. En una realización ejemplar, la película delgada de metal está constituida de varias capas (por ejemplo, cromo (Cr), platino (Pt), titanio (Ti) y oro (Au)). Preferentemente, se utiliza cromo o titanio como una capa de adhesión dado que se adhiere bien al vidrio de borosilicato. Después, se deposita una capa de Pt sobre el Cr o el Ti, de forma que pueda ser utilizada como estructuras de unidad de calentamiento y de temperatura. Al mismo tiempo que se crean la unidad de calentamiento y los sensores de temperatura también se pueden crear las pistas eléctricas para el resto de los elementos electrónicos en el mismo sustrato. Preferentemente, se deposita una capa de oro sobre el platino, únicamente en la región en la que no hay unidad de calentamiento ni estructura de sensor de temperatura y sirve como las pistas eléctricas para el resto del circuito electrónico. Sin embargo, en la región en la que no hay unidad de calentamiento ni sensor de temperatura, la capa de oro podría ser depositada directamente sobre la capa de adhesión de Cr o Ti. Como se muestra en la Fig. 12, la unidad de calentamiento trabaja mediante el calentamiento por medio de resistencia al pasar una corriente a través de la misma. Los sensores de temperatura trabajan al hacer que su resistencia cambie debido a su temperatura ambiente, como también se muestra en la Fig. 12. En los sensores de la presente invención, la temperatura ambiente en cada sensor de temperatura depende entre otras cosas, de la cantidad de calor creado por la unidad de calentamiento, el grosor del primer sustrato, y el caudal del fluido que fluye a través del conducto.

Hay montada una tapa 40 en el primer lado 18 del primer sustrato 12, formando de ese modo una cámara interior 42. Preferentemente, la tapa 40 está fabricada de PYREX® y está bronzesoldada al primer sustrato, formando de ese modo una cámara interior herméticamente sellada 42. Cuando se utiliza el sensor como un dispositivo médico implantable, se aplica una capa final de parileno en la superficie externa del sensor para evitar el rechazo del implante por el cuerpo. La unidad 34 de calentamiento, el primer sensor 36 de temperatura y el segundo sensor 38 de temperatura están dispuestos dentro de la cámara interior 42. También hay dispuestos otros elementos electrónicos 44 dentro de la cámara 42 y están conectados eléctricamente a la unidad 34 de calentamiento, al primer sensor 36 de temperatura y al segundo sensor 38 de temperatura. Un experto en la técnica conocerá inmediatamente cómo montar los elementos electrónicos, de forma que los datos de la unidad de calentamiento y/o de los sensores puedan ser comunicados por medio de telemetría a la unidad externa de control, y desde la misma. Al colocar los sensores de temperatura y la unidad de calentamiento en el lado opuesto del primer sustrato desde el conducto, los sensores y la unidad de calentamiento no están en contacto directo con el fluido (por ejemplo, LCR) dentro del conducto. Esta estructura es denominada un sustrato invertido. Por lo tanto, el sensor según la presente invención es un diseño biocompatible, que es favorable para implantes de larga duración, tal como una derivación de hidrocefalia, una bomba de infusión (por ejemplo  $> 10$  años). El encapsulado biocompatible del sensor y de los elementos electrónicos tiene al menos las siguientes ventajas:

- El fluido corporal únicamente entra en contacto con el vidrio biocompatible.
- Los sensores de Ti/Pt, la unidad de calentamiento y los elementos electrónicos de los sensores están ubicados en el mismo sustrato, lo que reduce el coste de su fabricación.
- Los elementos electrónicos de los sensores pueden ser miniaturizados drásticamente al emplear un ASIC, que puede ser fabricado por medio de tecnología de micropastilla volante.

Según una realización alternativa, el sensor de flujo térmico puede comprender dos sustratos 12' y 14', con una ranura 30' formada en cualquier sustrato, o en ambos, para formar un conducto 32' limitado por ambos sustratos, como se ilustra en las Figuras 4a, b y c. En otra realización alternativa, el sensor de flujo térmico puede comprender únicamente un sustrato 12", como se muestra en las Figuras 5 y 6. El sustrato 12" tiene un primer lado superior 18" y un segundo lado inferior opuesto 20", y al menos un borde lateral 46" que se extiende entre el primer lado superior 18" y el segundo lado inferior 20". Hay formado un conducto 32" en el sustrato 12". El conducto 12" tiene una abertura 48" de entrada y una abertura 50" de salida. Cada una de las aberturas 48", 50" están formadas en el al menos un borde 46", como se muestra en la Figura 3.

Para determinar el caudal de un fluido que fluye en el conducto 32, 32', 32", se permite que el fluido fluya a través del conducto al entrar en la abertura de entrada del conducto y salir por la abertura de salida. Se calienta el fluido con la unidad 34 de calentamiento frente al conducto y alejada del mismo. En otras palabras, la unidad de calentamiento y los sensores de temperatura no están en contacto con el fluido que fluye dentro del conducto. Se detecta la temperatura del fluido con el primer sensor de temperatura dispuesto en el primer lado del cuerpo frente al conducto y alejado del mismo. La temperatura del fluido también puede ser detectada con el segundo sensor de temperatura dispuesto en el primer lado del cuerpo frente al conducto y alejado del mismo. En una realización ejemplar preferente en la actualidad, los dos sensores de temperatura están separados aproximadamente 2000  $\mu\text{m}$ . La separación entre los sensores de temperatura depende en parte del caudal que va a ser medido. En base a la o las temperaturas detectadas, un experto en la técnica puede determinar fácilmente el caudal del fluido. Preferentemente, el fluido es LCR, y el sensor 10 de flujo térmico está dispuesto, preferentemente, dentro de la derivación 100, como se muestra en la Fig. 11.

Al diseñar el sensor según la presente invención, se optimizó el sensor mediante simulaciones estáticas y dinámicas de la FEM para intervalos de flujo de hasta 300 ml/h, con una sensibilidad optimizada en un intervalo de flujo de 25 ml/h, y para respuestas rápidas en escalón de 2 segundos. El intervalo normal de flujo del LCR es de aproximadamente 25 ml/h. Con un intervalo de flujo de 25 ml/h, la sensibilidad de la señal del sensor es de aproximadamente 140 mV/ml/h; y para intervalos de flujo elevado de  $> 270$  ml/h, la sensibilidad de la señal del sensor sigue siendo de aproximadamente 5 mV/ml/h. El tiempo de respuesta del sensor de aproximadamente 2 seg. es considerablemente reducido en comparación con aproximadamente 10 seg. para los sensores convencionales sobre un sustrato de vidrio. Además, estos sensores convencionales solo pueden detectar caudales de hasta 2-3 ml/h. La respuesta rápida en escalón hace que sea posible medir un flujo de LCR incluso cuando la posición de la cabeza del paciente cambia rápidamente (por ejemplo, cuando se incorpora, o se levanta después de dormir, etc.).

Con referencia ahora a la Fig. 3, los sustratos primero, segundo y tercer forman conjuntamente una estructura de cuerpo de múltiples capas que tiene al menos un borde 46 que se extiende entre el primer lado 18 del primer sustrato y dicho segundo lado 28 del tercer sustrato. El conducto 32 tiene una abertura 48 de entrada y una abertura 50 de salida, cada una de las cuales está formada en al menos un borde 46. En una realización ejemplar preferente en la actualidad, la abertura 48 de entrada y la abertura 50 de salida están dispuestas únicamente en el segundo sustrato 14. Se puede utilizar una sierra de corte en dados para cortar a través de las tres capas para exponer las aberturas en el segundo sustrato. Se denomina a esta realización un encapsulado con forma hidrodinámica, porque las aberturas de entrada y de salida se encuentran en los bordes laterales de la estructura de cuerpo, a diferencia de las superficies superior y/o inferior. Con referencia ahora a la Fig. 7, hay formado un primer rebaje 52 en el primer lado 18 del primer sustrato 12 entre la unidad 34 de calentamiento y el primer sensor 36 de temperatura. Como se muestra, el primer rebaje 52 está dispuesto inmediatamente adyacente a la unidad 34 de calentamiento. Hay formado un segundo rebaje 54 en el primer lado 18 del primer sustrato 12 entre la unidad 34 de calentamiento y el segundo sensor 38 de temperatura (véase la Fig. 8A). Como se muestra, el segundo rebaje 54 está dispuesto inmediatamente adyacente a la unidad 34 de calentamiento en un lado opuesto de la unidad de calentamiento desde el primer rebaje. De forma alternativa, como se muestra en las Figuras 8B y 8C, los rebajes 52, 54 pueden estar formados en el segundo lado del primer sustrato 12 o uno en un lado del primer sustrato y el otro en el segundo lado del primer sustrato, respectivamente. Preferentemente, los rebajes 52, 54 se extienden en el primer sustrato aproximadamente la mitad del grosor del primer sustrato. Según otra variación, los rebajes 52, 54 pueden estar dispuestos en el primer lado del primer sustrato y en el segundo lado del primer sustrato.

Se utilizan los rebajes 52, 54 para ayudar a guiar el calor generado por la unidad 34 de calentamiento a través del primer sustrato, como se indica mediante las flechas A, y al interior del conducto 32. Entonces, se vuelve a transferir la energía térmica absorbida por el fluido a través del primer sustrato, como se indica mediante las flechas B, a los sensores primero y segundo de temperatura. Debido a que el aire no es muy buen conductor de calor, la mayoría, del calor generado por la unidad de calentamiento, si no, efectivamente, su totalidad, se propaga a lo largo de la trayectoria indicada por las flechas A y B. Por supuesto, algo de calor se propagará a través del primer sustrato, pero un experto en la técnica podrá calibrar fácilmente el sensor de flujo térmico según la presente invención para tener en cuenta este factor. Dependiendo del grosor del primer sustrato, de cuánto calor es generado por la unidad de calentamiento, de la dimensión de los rebajes, y de otros factores conocidos por los expertos en la técnica, se puede determinar fácilmente el caudal del fluido que fluye a través del conducto. Entonces, se puede transmitir esta información por medio de telemetría a una unidad externa (no mostrada) de control.

Como en las anteriores realizaciones alternativas mostradas en las Figuras 4A-5, el sensor de flujo térmico que tiene rebajes 52, 54 también puede estar constituido por dos sustratos 12' y 14', como se ilustra en las Figuras 4a, b y c, o únicamente por un sustrato 12", como se muestra en la Fig. 5.

Con referencia ahora a la Fig. 9A, se ilustra un sensor de flujo térmico no según la presente invención. En esta realización, el primer sensor 36 de temperatura está dispuesto en el primer lado del primer sustrato frente al conducto y a una primera distancia predeterminada de la unidad 34 de calentamiento en una dirección opuesta a la dirección de flujo del fluido dentro del conducto. El segundo sensor 38 de temperatura está dispuesto en el primer lado del primer sustrato opuesto al conducto y a una segunda distancia predeterminada de la unidad 34 de calentamiento en una dirección opuesta a la dirección de flujo del fluido. Como se ilustra en la Fig. 9A, la segunda

distancia predeterminada es mayor que la primera distancia predeterminada. Esta realización es denominada un diseño asimétrico de sensor porque ambos sensores de temperatura están dispuestos en un lado de la unidad de calentamiento, a diferencia de tener la unidad de calentamiento dispuesta entre los dos sensores de temperatura con respecto a la dirección de flujo.

- 5 Con referencia ahora a la Fig. 9B, se ilustra una realización de la presente invención. En esta variación, los sensores primero y segundo de temperatura están dispuestos a unas distancias predeterminadas primera y segunda respectivas desde la unidad de calentamiento en la dirección de flujo del fluido, a diferencia de opuesta a la dirección de flujo del fluido.

- 10 Con referencia ahora a las Figuras 10A y 10B, se ilustra una variación de las realizaciones de la Fig. 9. Según esta variación, la unidad de calentamiento y los sensores de temperatura están dispuestos dentro del conducto y, por lo tanto, en contacto con el fluido que fluye dentro del conducto. Según esta variación, los sensores primero y segundo de temperatura están dispuestos a unas distancias predeterminadas primera y segunda respectivas desde la unidad de calentamiento, al igual que en la realización de la Fig. 9A opuesta a la dirección de flujo del fluido como se muestra en la Fig. 10A, o como en la realización de la Fig. 9B en la dirección de flujo del fluido, como se muestra en la Fig. 10B.

- 15 Como en las realizaciones alternativas anteriores mostradas en las Figuras 4A-5, el sensor de flujo térmico, que tiene sensores primero y segundo de temperatura dispuestos en el mismo lado de la unidad de calentamiento, bien opuestos a la dirección de flujo o bien en la dirección de flujo, también puede estar constituido por dos sustratos 12' y 14', como se ilustra en las Figuras 4a, b y c, o únicamente con un sustrato 12", como se muestra en la Fig. 5. Los presentes inventores han descubierto que el diseño asimétrico del sensor no puede detectar un flujo por debajo de un cierto caudal, que será denominado caudal de corte. Normalmente, el caudal de corte es de aproximadamente 1 a 2 ml/h. Para detectar un flujo desde 0 ml/h hasta el caudal de corte, se puede utilizar una segunda unidad 56 de calentamiento, como se ilustra en la Fig. 9A. La unidad 56 de calentamiento está dispuesta entre el segundo sensor 38 y el primer sensor 36 con respecto a la dirección de flujo.

- 25 Habiendo descrito la realización ejemplar preferente en la actualidad de un sensor de flujo térmico según la presente invención, se cree que a los expertos en la técnica se les ocurrirán otras modificaciones, variaciones y cambios en vista de las enseñanzas definidas en el presente documento. También se pretende plenamente y se contemplan sustituciones de elementos de una realización descrita a otra. También se debe comprender que los dibujos no están dibujados necesariamente a escala, sino que son simplemente de naturaleza conceptual. Por lo tanto, se debe comprender que se cree que todas dichas modificaciones, variaciones, y cambios se encuentran dentro del alcance de la presente invención según se define mediante las reivindicaciones adjuntas.
- 30

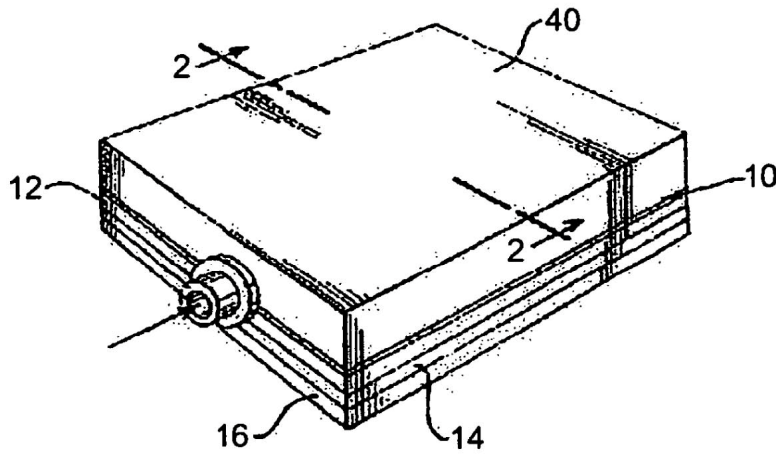
## REIVINDICACIONES

1. Un sensor de flujo térmico que comprende:
- un primer sustrato (12) que tiene un primer lado y un segundo lado opuesto;
- 5 un segundo sustrato (14) que tiene un primer lado y un segundo lado opuesto, estando conectado dicho primer sustrato (12) a dicho segundo sustrato (14), de forma que dicho segundo lado de dicho primer sustrato (12) hace contacto con dicho primer lado de dicho segundo sustrato (14);
- un tercer sustrato (16) que tiene un primer lado y un segundo lado opuesto, estando conectado dicho tercer sustrato (16) a dicho segundo sustrato (14) de forma que dicho segundo lado de dicho segundo sustrato (14) hace contacto con dicho primer lado de dicho tercer sustrato (16);
- 10 en el que dicho segundo sustrato (14) tiene una ranura (30) formada en el mismo, de manera que forma un conducto (32) que está limitado por dicho segundo sustrato (14) y dicho segundo lado de dicho primer sustrato y dicho primer lado de dicho tercer sustrato (16), teniendo dicho conducto (32) una dirección de flujo del fluido;
- 15 una unidad (34) de calentamiento dispuesta en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12) frente a dicho conducto (32);
- un primer sensor (36) de temperatura dispuesto en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12) frente a dicho conducto (32) y a una primera distancia predeterminada de dicha unidad (34) de calentamiento en dicha dirección de flujo del fluido; y
- 20 un segundo sensor (38) de temperatura dispuesto en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12) frente a dicho conducto (32) y a una segunda distancia predeterminada de dicha unidad (34) de calentamiento en dicha dirección de flujo del fluido, en el que dicha segunda distancia predeterminada es mayor que dicha primera distancia predeterminada.
2. El sensor de flujo térmico según la reivindicación 1, en el que dichos sustratos primer y tercero (12, 16) están fabricados de vidrio de borosilicato.
- 25 3. El sensor de flujo térmico según la reivindicación 1, en el que dicho primer sustrato (12) está unido a dicho segundo sustrato (14) y dicho segundo sustrato (14) está unido a dicho tercer sustrato (16).
4. Un sensor de flujo térmico que comprende:
- un primer sustrato (12') que tiene un primer lado y un segundo lado opuesto;
- 30 un segundo sustrato (14') que tiene un primer lado y un segundo lado opuesto, estando conectado dicho primer sustrato (12') a dicho segundo sustrato (14'), de forma que dicho segundo lado de dicho primer sustrato (12') hace contacto con dicho primer lado de dicho segundo sustrato (14');
- en el que al menos uno de dicho primer sustrato (12') y dicho segundo sustrato (14') tiene una ranura (30') formada en el mismo, de manera que forma un conducto (32) limitado por dicho sustrato primero y segundo (12', 14'), teniendo dicho conducto (32') una dirección de flujo del fluido;
- 35 una unidad (34) de calentamiento dispuesta en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12') frente a dicho conducto (32');
- un primer sensor (36) de temperatura dispuesto en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12') frente a dicho conducto (32') y a una primera distancia predeterminada de dicha unidad (34) de calentamiento en dicha dirección de flujo del fluido; y
- 40 un segundo sensor (38) de temperatura dispuesto en dicho en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12') frente a dicho conducto (32') y a una segunda distancia predeterminada de dicha unidad (34) de calentamiento en dicha dirección de flujo del fluido, en el que dicha segunda distancia predeterminada es mayor que dicha primera distancia predeterminada.
- 45 5. El sensor de flujo térmico según la reivindicación 4, en el que dicho primer sustrato (12') está fabricado de vidrio de borosilicato.
6. El sensor de flujo térmico según la reivindicación 2 o 5, en el que dicho segundo sustrato (14') está fabricado de silicio.
7. El sensor de flujo térmico según la reivindicación 4, en el que dicho primer sustrato (12') está unido a dicho segundo sustrato (14').

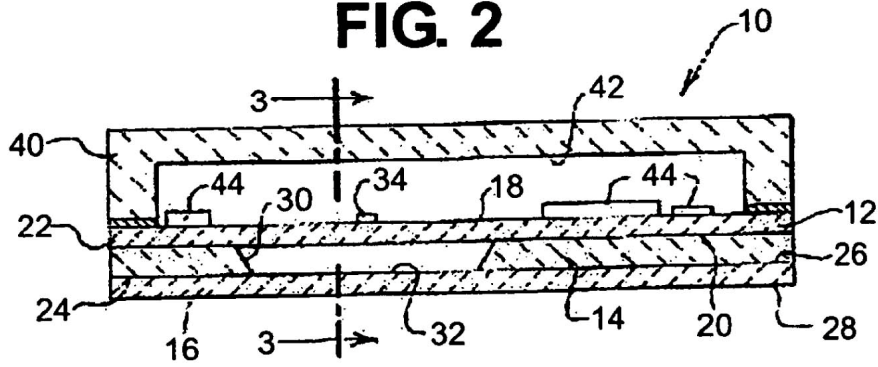
8. Un sensor de flujo térmico que comprende:
- 5 un primer sustrato (12") que tiene un primer lado superior y un segundo lado inferior opuesto, y al menos un borde lateral que se extiende entre dicho primer lado superior y dicho segundo lado inferior, un conducto (32") formado en el mismo que tiene una abertura de entrada y una abertura de salida, estando formada cada una de dichas aberturas en dicho al menos un borde;
- una unidad (34) de calentamiento dispuesta en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12") frente a dicho conducto (32");
- 10 un primer sensor (36) de temperatura dispuesto en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12") frente a dicho conducto (32") y a una primera distancia predeterminada de dicha unidad (34) de calentamiento en dicha dirección de flujo del fluido; y
- un segundo sensor (38) de temperatura dispuesto en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12") frente a dicho conducto (32") y a una segunda distancia predeterminada de dicha unidad (34) de calentamiento en dicha dirección de flujo del fluido, en el que dicha segunda distancia predeterminada es mayor que dicha primera distancia predeterminada.
- 15 9. El sensor de flujo térmico según la reivindicación 1, 4 u 8, que comprende, además, una tapa (40) montada en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12; 12'; 12"), formando de ese modo una cámara interior, estando dispuesta dicha unidad (34) de calentamiento, dicho primer sensor (36) de temperatura y dicho segundo sensor (38) de temperatura dentro de dicha cámara interior.
- 20 10. El sensor de flujo térmico según la reivindicación 9, en el que dicha tapa (40) está bronceada a dicho primer sustrato (12; 12'; 12"), formando de ese modo una cámara interior sellada.
11. El sensor de flujo térmico según la reivindicación 10, que comprende, además, elementos electrónicos (44) dentro de dicha cámara y conectados eléctricamente a dicha unidad (34) de calentamiento, a dicho primer sensor (36) de temperatura y a dicho segundo sensor (38) de temperatura para permitir que dichos elementos electrónicos (44) se comuniquen por medio de telemetría con una unidad de control.
- 25 12. El sensor de flujo térmico según la reivindicación 1, 4 u 8, que comprende, además:
- una segunda unidad (56) de calentamiento dispuesta en dicho primer lado de dicho primer sustrato (12; 12'; 12") frente a dicho conducto, estando dispuesta dicha segunda unidad (56) de calentamiento entre dicho primer sensor (36) de temperatura y dicho segundo sensor (38) de temperatura.



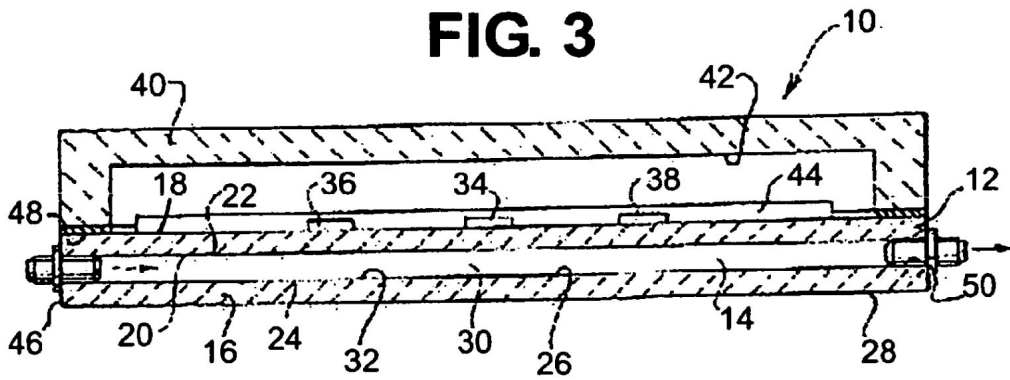
**FIG. 1**



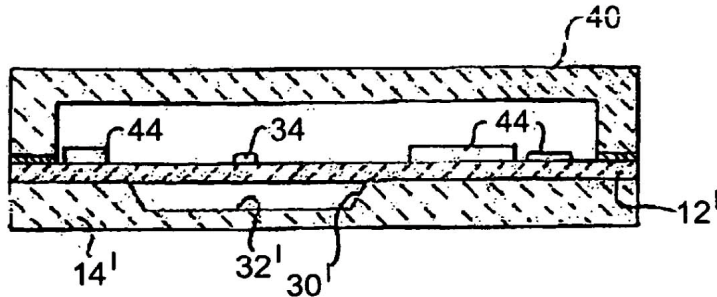
**FIG. 2**



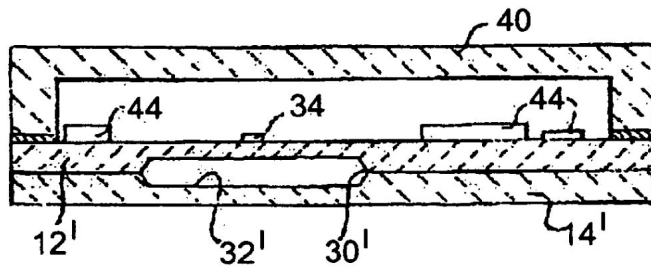
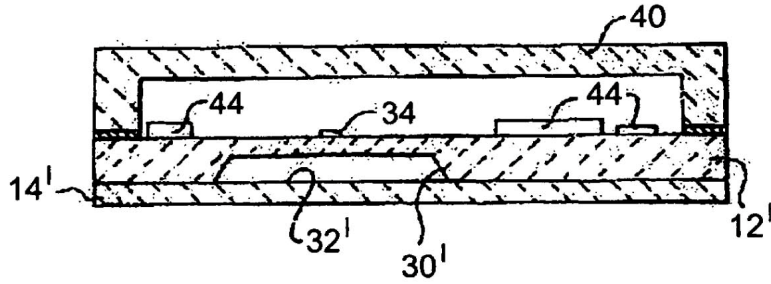
**FIG. 3**



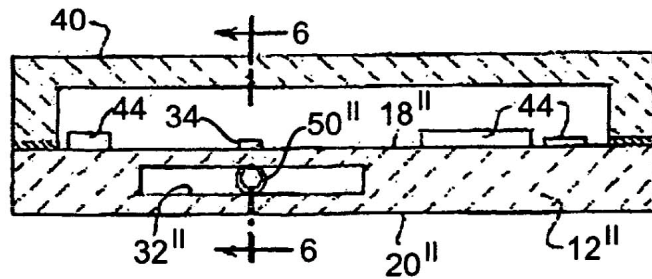
**FIG. 4A**



**FIG. 4B**

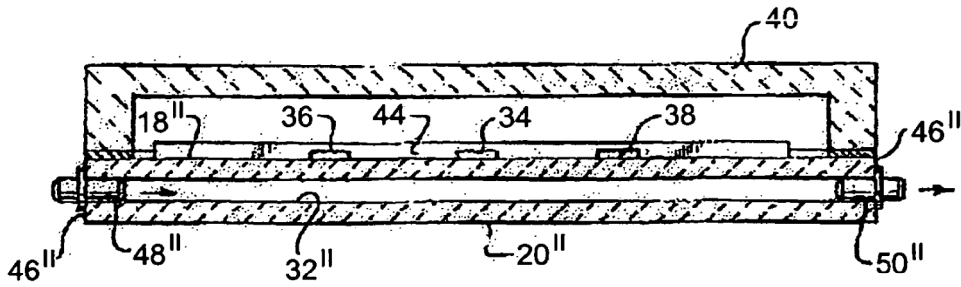


**FIG. 4C**

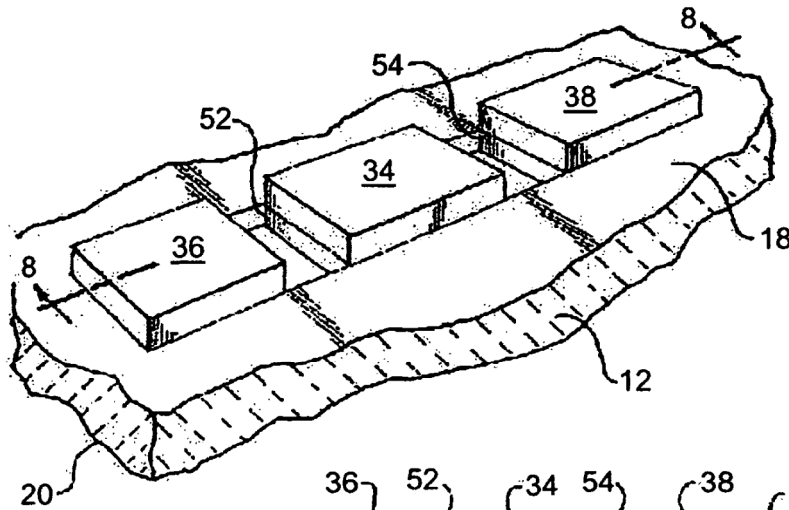


**FIG. 5**

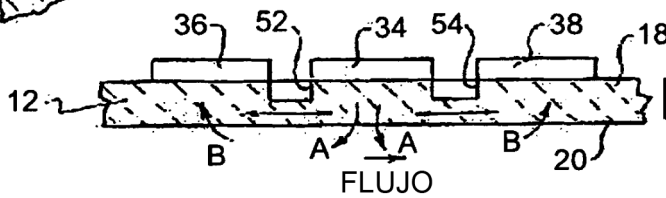
**FIG. 6**



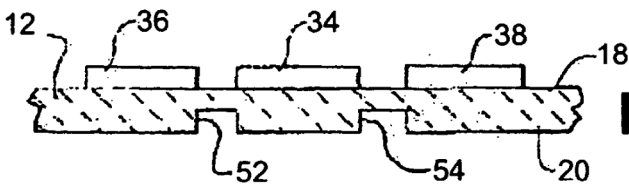
**FIG. 7**



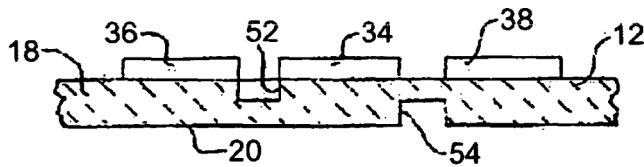
**FIG. 8A**



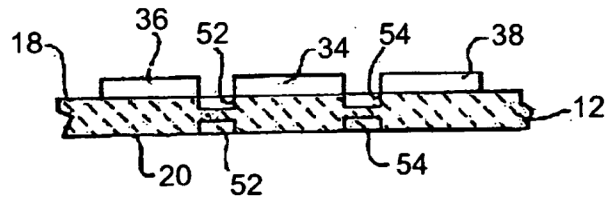
**FIG. 8B**



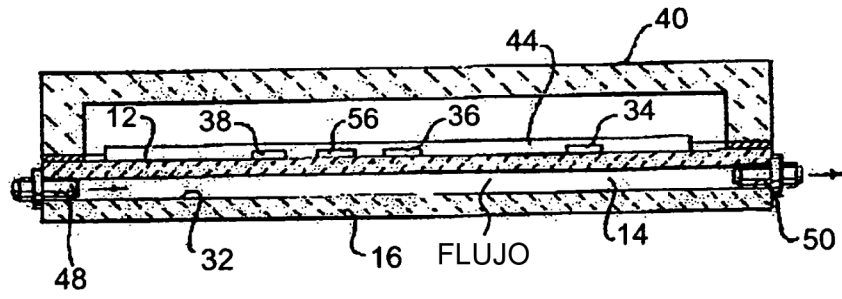
**FIG. 8C**



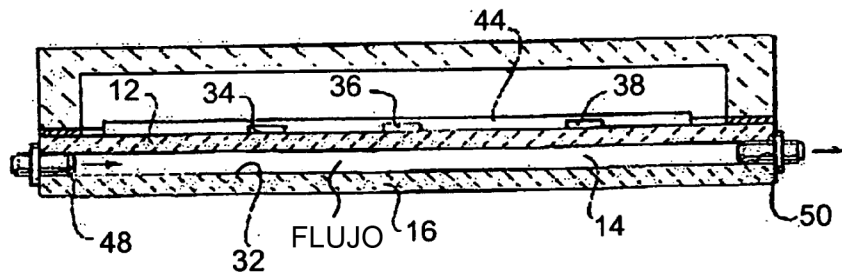
**FIG. 8D**



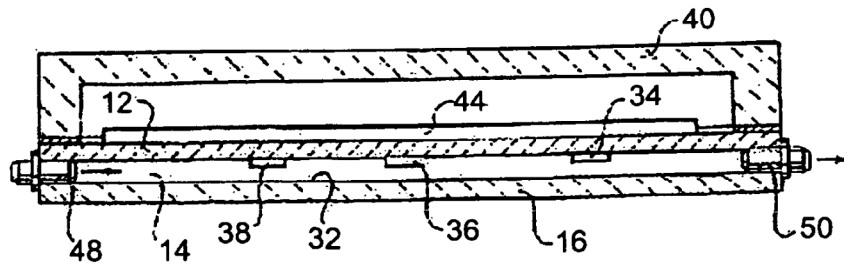
**FIG. 9A**



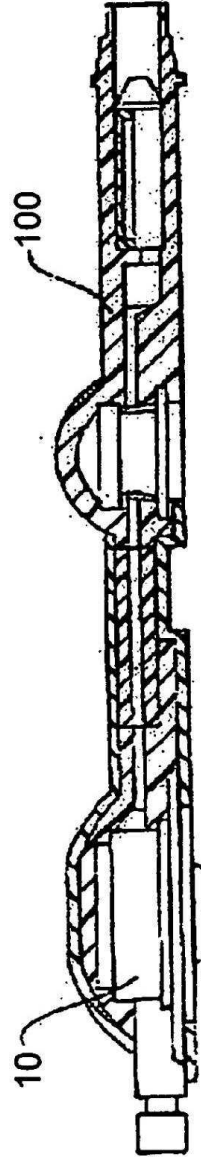
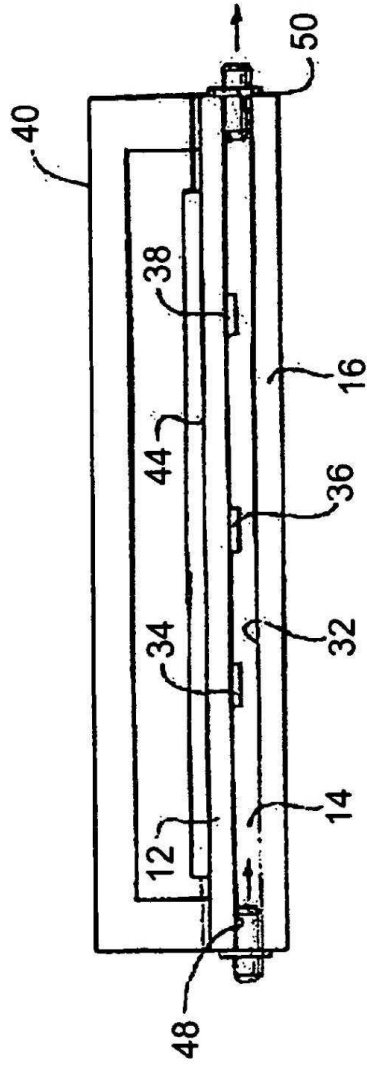
**FIG. 9B**



**FIG. 10A**



**FIG. 10B**



**FIG. 11**

**FIG. 12**

