

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 224**

51 Int. Cl.:

<b>G01M 3/26</b>	(2006.01)
<b>G01L 15/00</b>	(2006.01)
<b>G01N 19/08</b>	(2006.01)
<b>G01L 13/00</b>	(2006.01)
<b>G01M 3/02</b>	(2006.01)
<b>G01M 3/32</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.11.2008 PCT/AU2008/001723**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2009 WO09065175**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2008 E 08852663 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 2238424**

54 Título: **Sistema de monitorización de la presión por comparación diferencial**

30 Prioridad:

**21.11.2007 AU 2007906374**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**01.02.2019**

73 Titular/es:

**STRUCTURAL MONITORING SYSTEMS LTD  
(100.0%)  
5/15 WALTERS DRIVE  
OSBORNE PARK, WA 6017, AU**

72 Inventor/es:

**LAXTON, NIGEL y  
KROKER, HENRY**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 698 224 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

Sistema de monitorización de la presión por comparación diferencial

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un sistema de monitorización de la presión por comparación diferencial para monitorizar la integridad de un componente o estructura.

**Antecedentes de la invención**

10 El solicitante ha desarrollado numerosos sistemas, dispositivos y métodos para monitorizar la integridad estructural y monitorizar la salud estructural, que se pueden utilizar, por ejemplo, para detectar y/o monitorizar la propagación de grietas y otros fallos en o dentro de un componente o estructura. Algunos ejemplos de dichos sistemas, dispositivos y métodos son el objeto de diversas patentes que incluyen US 5770794; US 6539776; US 6591661; US 6715365 y US 6720882.

En general, las invenciones descritas en las patentes a las que se hace referencia anteriormente utilizan cambios de presión, nivel de vacío o flujo de fluido que entra o sale de una cavidad procedente de una grieta que se propaga hasta un tamaño que crea un flujo de fluido entre la cavidad y un entorno que en cualquier otro caso está aislado.

15 El documento EP 0518758 (de Renault Automation) describe un método y un dispositivo para comprobar la calidad de un conjunto mecánico que consta de componentes entre los que existe un juego de montaje, en el que se puede crear una fuga neumática desde un extremo del conjunto que ofrece una superficie con la que es posible realizar una conexión temporal a prueba de fugas, que consiste en detectar la posición de equilibrio de un elemento móvil, cuyas dos caras opuestas están sometidas, respectivamente, a la presión presente en una cámara situada aguas arriba de la superficie de conexión y a la presente en una cámara situada aguas arriba de un conjunto de referencia.

20 El documento JPS 59 131138 de Komei Kogyo describe la utilización de una línea de fabricación tal como está, para inspeccionar la presencia de agrietamiento de baldosas blancas defectuosas, de manera individual y mecánica, con una precisión elevada y para seleccionar las baldosas blancas defectuosas al tiempo que se mantiene una velocidad en la línea de fabricación al proporcionar una etapa donde las baldosas blancas se transportan mediante un dispositivo de transporte después de un proceso de secado, una etapa de inspección de fugas mediante aire y una etapa donde únicamente las baldosas blancas defectuosas, que provocan una fuga de aire, se retiran de un recorrido del dispositivo de transporte.

25 El documento US 5367797 (Zaim-Adil) describe un método para establecer que se han estabilizado los factores que afectan a la presión, diferentes a las fugas de gas, antes de realizar un ensayo de la integridad de un depósito en un sistema que incluye el depósito, un depósito de referencia que se puede conectar al, y estar aislado del, depósito, una fuente común de gas presurizado, un manómetro para medir la diferencia entre la presión del depósito y la presión del depósito de referencia, y un ordenador capaz de registrar una serie de mediciones de diferencia de presiones y manipularlas matemáticamente, donde el método incluye igualar las presiones en los dos depósitos, a continuación aislarlos entre sí durante un período de tiempo preseleccionado, después registrar la diferencia de presiones entre ellas al final del período de tiempo, igualar de nuevo las presiones y repetir esa secuencia hasta que la diferencia de presiones al final de dos intervalos de tiempo consecutivos sea la misma, lo que establece de ese modo que se han estabilizado los factores, distintos de las fugas, que afectan a la presión.

30 El documento JPS6182138(A) (Honda Motor Co) describe un método y un aparato para obtener un resultado de una medición mediante una inspección sencilla de precisión y calidad elevadas mediante el suministro de fluido de la misma presión a una pieza moldeada a inspeccionar y a una pieza patrón con la misma forma, y comparar y medir la presión y decidir si la pieza moldeada es normal o no, y descargar el fluido al exterior cada vez que se realiza una medición.

35 El documento US4686638 (**Furuse Akio**) describe un método en el que un número predeterminado de elementos de datos anteriores, que se obtienen por medio de la medición del cambio de presión o la diferencia de presiones con respecto a los objetos respectivos inspeccionados y que se deciden que son aceptables, se agrupan de acuerdo con los tipos de los objetos y se almacenan en regiones de almacenamiento diferentes. Cada vez que se almacenan nuevos datos, se borran los datos más antiguos en la región de almacenamiento correspondiente. Se calcula un promedio de los datos almacenados en una región de almacenamiento designada y se decide si cada objeto es aceptable o no en base a la diferencia entre los datos medidos más recientemente del objeto y el promedio calculado de los datos en la región de almacenamiento designada correspondiente al objeto.

40 El documento US6182501 (B1) de Furuse Akio expone un método y un aparato de ensayo para fugas que introduce un gas a presión elevada en una pieza de trabajo y en una pieza patrón, procedente de una fuente de gas a presión elevada, a través de una primera y segunda válvula electromagnética respectivamente, cierra la primera y segunda válvula electromagnética, detecta la diferencia de presiones entre la pieza de trabajo y la pieza patrón, mediante un

5 sensor de la presión diferencial, y compara la cantidad de pérdidas, obtenida a partir de la diferencia de presiones, con un valor de pérdidas de referencia para decidir si la pieza de trabajo tiene fugas o no, se proporciona una tercera válvula electromagnética que permite e impide el paso de gas entre la pieza de trabajo y la pieza patrón. Antes de la medición de las variaciones de la diferencia de presiones en un período de medición y un período de estabilización, se abre la tercera válvula electromagnética para establecer un equilibrio de presiones entre la pieza de trabajo y la pieza patrón, a continuación, se cierra la válvula electromagnética, posteriormente se miden las variaciones de la diferencia de presiones y se sustrae una última variación de la diferencia de presiones  $\delta P_e$  de una variación de la diferencia de presiones inicial  $\delta P_s$  para obtener la cantidad de desviación.

10 El documento US4979390 (Schupack Morris) describe un aparato para realizar un ensayo de la permeabilidad relativa de los materiales, en particular, de las estructuras de hormigón, comprende un cabezal transparente sin distorsión óptica que tiene una junta, la cual junto con el cabezal define una cámara del cabezal, y que permite el sellado del cabezal contra la estructura cuando se induce un vacío parcial en la cámara del cabezal. La disminución del vacío se puede medir, y la velocidad de disminución proporciona un índice de permeabilidad. Se puede aplicar un líquido a la superficie en la que se realiza el ensayo y formará espuma para permitir la identificación de grietas y fisuras. En una realización alternativa, se introduce un fluido en una cámara secundaria definida mediante una junta secundaria y el cabezal, y la velocidad de permeación del fluido en la estructura proporciona una medida de la permeabilidad. El aparato de ensayo montado en el vacío permite el ensayo in situ sin requerir la extracción de núcleos de muestra de la estructura o la realización de fijaciones invasivas a la estructura, lo que proporciona por tanto un aparato y un método de control de calidad para el ensayo rápido de materiales de construcción.

20 La presente invención surge del desarrollo posterior por parte del solicitante en el campo de la tecnología anterior.

25 En las reivindicaciones de esta solicitud y en la descripción de la invención, excepto donde el contexto requiera lo contrario debido al lenguaje expreso o la implicación necesaria, las palabras "comprenden" o variaciones tales como "comprende" o "que comprende" se utilizan en un sentido inclusivo, es decir, para especificar la presencia de los aspectos enunciados, pero no excluye la presencia o adición de aspectos adicionales en diversas realizaciones de la invención.

**Compendio de la invención**

Un aspecto de la presente invención proporciona un sistema de monitorización de la presión por comparación diferencial para monitorizar la integridad estructural de un componente o estructura, donde el sistema comprende:

una fuente de presión;

30 un primer circuito de fluido y un circuito de fluido de referencia, donde los circuitos primero y de referencia están conectados en paralelo a la fuente de presión, teniendo el primer circuito un elemento de detección sellado a una superficie en o dentro de la estructura o componente, definiendo el elemento de detección junto con la superficie de la estructura o componente una primera cavidad; y,

35 un dispositivo de monitorización acoplado a los circuitos primero y de referencia, donde el dispositivo de monitorización realiza mediciones simultáneas del flujo o la presión del fluido de los circuitos primero y de referencia y genera una señal indicativa de la integridad de la estructura o componente en base a una diferencia entre el flujo o la presión del fluido medidos de manera simultánea de los circuitos primero y de referencia, caracterizado por que el circuito de referencia comprende una cavidad de referencia que está aislada de la superficie de la estructura o componente y donde los circuitos primero y de referencia tienen sustancialmente las mismas características del fluido, de modo que, en ausencia de una fractura de la primera cavidad, debido a la formación o propagación de grietas en el componente o estructura, se obtiene una respuesta de presión sincronizada en el tiempo de manera idéntica, y donde la primera cavidad y la cavidad de referencia están ubicadas adyacentes entre sí.

El circuito de referencia puede comprender una cavidad de referencia que tiene unas características que coinciden sustancialmente con las de la primera cavidad.

45 La primera cavidad y la cavidad de referencia se pueden ubicar sustancialmente contiguas.

50 En una realización, la primera cavidad y la cavidad de referencia se forman en el elemento de detección. En esta realización, el elemento de detección está provisto de una primera superficie que está sellada a la superficie de la estructura o el componente y una segunda superficie opuesta, donde se forma una primera ranura o canal en la primera superficie, donde la primera ranura o canal forman la primera cavidad cuando la primera superficie está sellada a la estructura o el componente, y donde la cavidad de referencia se dispone internamente a la primera y segunda superficie del elemento de detección.

El elemento de detección se puede formar como una estructura laminada que tiene una primera capa que comprende la primera superficie y en la que se forma la primera ranura o canal, y un sello de la segunda capa sobre la primera capa, en una superficie opuesta a la primera superficie, donde la segunda capa comprende la segunda

superficie opuesta y la cavidad de referencia se forma entre la primera y segunda capa.

En otra realización, la cavidad de referencia se forma en un elemento de detección de referencia separado del elemento de detección.

5 El primer circuito de fluido puede comprender una primera impedancia elevada al flujo de fluido conectada en serie entre la fuente de presión y la primera cavidad. El circuito de referencia comprende una impedancia elevada al flujo de fluido de referencia conectada en serie entre la fuente de presión y la cavidad de referencia. Las impedancias elevadas al flujo de fluido primera y de referencia se pueden formar de modo que tengan una impedancia sustancialmente idéntica al flujo de fluido.

10 Los circuitos de fluido primero y de referencia se pueden configurar de modo que se extiendan sustancialmente adyacentes entre sí.

El sistema puede comprender además un segundo circuito de fluido, donde el segundo circuito de fluido está en comunicación fluida con una segunda fuente de presión que tiene una segunda presión, que es diferente de una primera presión de la primera fuente de presión. En una realización, la primera presión es negativa con relación a la segunda presión.

15 El segundo circuito puede comprender una segunda ranura o canal formado en el elemento de detección que, cuando el elemento de detección está sellado a la superficie de la estructura o al componente forma una segunda cavidad adyacente aunque sellada con respecto a la primera cavidad.

20 La primera y segunda cavidad se pueden disponer de modo que tengan unas características del fluido coincidentes. Asimismo, el primer y segundo circuito de fluido pueden tener unas características del fluido coincidentes. En consecuencia, el segundo circuito de fluido tiene unas características de fluido que coinciden sustancialmente con aquellas del circuito de referencia.

El sistema puede comprender además una primera válvula de baipás, conectada en derivación a través de la primera impedancia al flujo de fluido, y que tiene un estado cerrado que forma un cortocircuito de fluido a través de la primera impedancia elevada al flujo de fluido.

25 El sistema comprende además una válvula de baipás de referencia conectada en derivación a través de la impedancia elevada al flujo de fluido, donde la válvula de baipás de referencia tiene un estado cerrado que forma un cortocircuito de fluido a través de la impedancia elevada al flujo de fluido de referencia.

El sistema puede comprender una primera válvula de continuidad para abrir y sellar de manera selectiva un extremo del primer circuito de fluido alejado de la fuente de presión.

30 El sistema puede comprender una válvula de continuidad de referencia para abrir y sellar de manera selectiva un extremo del circuito de fluido de referencia alejado de la fuente de presión.

El sistema puede comprender además una válvula de conmutación en comunicación fluida en un extremo con la fuente de presión y que se puede conectar de manera selectiva en un extremo opuesto al primer circuito de fluido o al segundo circuito de fluido.

35 El sistema puede comprender un instrumento de medida que comprende la fuente de presión y una primera parte de los circuitos de fluido primero y de referencia; y una unidad de detección que comprende el elemento de detección y una segunda parte de los circuitos de fluido primero y de referencia, y donde el instrumento y la unidad de detección se pueden acoplar y desacoplar de manera selectiva entre sí.

40 El sistema puede comprender un cable neumático multihilo, donde el cable comprende una tercera parte de los circuitos de fluido primero y de referencia, y donde el cable se puede conectar en extremos opuestos al instrumento y a la unidad de detección.

### **Descripción breve de los dibujos**

Ahora se describirá, a modo de ejemplo, una realización de la presente invención, haciendo referencia únicamente a los dibujos anexos:

45 la figura 1 es un diagrama de un circuito de una realización del sistema de monitorización de la presión por comparación diferencial de acuerdo con la presente invención;

la figura 2 es una representación esquemática del sistema mostrado en la figura 1;

la figura 3 es una representación esquemática de un sensor integral incorporado en una realización del sistema,

la figura 3 es una vista inferior de un elemento de detección incorporado en una realización del sistema;  
 la figura 4a es una vista de una sección longitudinal del elemento de detección mostrado en la figura 3;  
 la figura 4b es una vista de una sección transversal del elemento de detección mostrado en la figura 3;  
 la figura 5 es una vista superior del sensor mostrado en la figura 3-4b aplicado a la superficie de una estructura;  
 5 la figura 6a es una vista isométrica de un segundo elemento incorporado en una realización del sistema;  
 la figura 6b es una vista de una sección transversal del segundo elemento mostrado en la figura 6a;  
 la figura 6c es una vista de una sección longitudinal del segundo elemento mostrado en la figura 6a;  
 la figura 7 es una vista inferior de un elemento integrado incorporado en una segunda realización del sistema; y  
 la figura 8 es una vista de una sección longitudinal del elemento integrado mostrado en la figura 7.

10 **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

Haciendo referencia a los dibujos anexos y en particular a las figuras 1-5, una realización de un sistema de monitorización de la presión por comparación diferencial 10, para monitorizar la integridad estructural de una estructura o un componente 30, comprende una fuente de presión 12, un primer circuito de fluido 14, un circuito de fluido de referencia 16 y un dispositivo de monitorización 18. Los circuitos de fluido primero y de referencia 14 y 16 se forman de modo que tengan unas características sustancialmente coincidentes. Estas características incluyen la capacidad volumétrica de cada uno de los circuitos, los caudales de fluido a través de los circuitos, sus características de temperatura y características de difusión. Los circuitos 14 y 16 están conectados en paralelo a la fuente de presión 12, de modo que cuando se completa cada uno de los circuitos 14 y 16, y suponiendo que no hay fracturas en ningún circuito, el fluido dentro de los circuitos está sustancialmente a la misma presión.

15 La fuente de presión puede ser una fuente de presión tanto positiva como negativa con relación a la presión ambiente.

El primer circuito 14 comprende un elemento de detección 20 (también mostrado con detalle en la figura 3). El elemento de detección 20 está sellado a una superficie 28 en la estructura o el componente 30 que el sistema 10 monitoriza. Tal como se explica con mayor detalle a continuación, el elemento de detección 20, cuando está sellado a la superficie de la estructura o el componente, define una primera cavidad 32. No obstante, el circuito de referencia 16 está aislado frente al fluido desde la superficie 28 de la estructura o el componente 30. El dispositivo de monitorización 18 está acoplado a los circuitos primero y de referencia 14 y 16, y toma mediciones simultáneas de una característica del fluido común de los circuitos 14 y 16, y genera una señal indicativa de la integridad de la estructura o el componente en base a una diferencia entre la característica común medida de manera simultánea de los circuitos 14 y 16. Algunos ejemplos de la característica del fluido común pueden ser el caudal de fluido a través de, o la presión de fluido dentro de: los circuitos 14 y 16; o de componentes coincidentes de los circuitos 14 y 16.

En las figuras 3, 4a, 4b y 5 se representa una forma muy simple de sensor 20. En esta realización el sensor 20 comprende una tira delgada 22 de material sustancialmente impermeable provisto de una primera ranura o canal longitudinal 24 formado en una superficie inferior 26 de la tira 22. La ranura 24 termina antes de llegar al borde periférico de la tira 22 y no se extiende a través del grosor de la tira 22. Cuando la tira 22 se sella sobre la superficie 28 de la estructura 30, se crea una primera cavidad 32 mediante la ranura 24 y la parte subyacente de la superficie 28.

El primer circuito 14 comprende los conductos 14c y 14d que se conectan con el sensor 20 y están en comunicación fluida con los extremos opuestos del canal 24 y, por tanto, de la primera cavidad 32, cuando el sensor 28 está adherido a la superficie 28 de la estructura 30. Suponiendo que la primera cavidad 32 está a una presión diferente a la presión ambiente en virtud de la conexión fluida del circuito 14 con la fuente de presión 12, si se desarrollara una grieta 36 en la superficie 28 de una longitud tal que se extienda entre la primera cavidad 32 y la atmósfera circundante, habría un cambio en la situación de presión en la primera cavidad 32 y de un flujo de aire (es decir, de entrada o salida) a través del circuito 14. El sistema de monitorización 18 se configura de modo que detecte dicho cambio en la presión o el flujo de fluido. Se describirán detalles más específicos del sistema de monitorización 18 posteriormente en la memoria descriptiva. Si el aire fluye de entrada o salida en el circuito 14 depende simplemente de si la fuente de presión 12 es de presión positiva o de presión negativa con relación a la presión ambiente.

El circuito de referencia 16 se forma de modo que tenga unas características del fluido sustancialmente coincidentes (p. ej., volumen y caudal de fluido) con las del primer circuito 14. No obstante, el circuito de referencia 16 está aislado de la superficie 28 de la estructura 30. En la presente, la expresión “aislado” significa que una condición de presión del circuito 16 no se ve afectada por la formación o propagación de una grieta 36 en la estructura 30 que puede penetrar en la primera cavidad 32. Por tanto, suponiendo unas características coincidentes de los circuitos 14

y 16, dado que estos están conectados en paralelo a la fuente de presión 12 y, por tanto, están sometidos a las mismas condiciones de presión, en ausencia de una grieta 36 que penetre en la primera cavidad 32, ambos circuitos 14 y 16 deberían tener una respuesta de presión sincronizada en el tiempo de manera sustancialmente idéntica. Por tanto, una gráfica o curva que muestre la relación de la presión frente al tiempo en el circuito 14 será sustancialmente idéntica a aquella para el circuito 16. En consecuencia, al sustraer mediante el dispositivo de monitorización 18 la respuesta de presión sincronizada en el tiempo del circuito 16 de la respuesta de presión sincronizada en el tiempo del circuito 14, la influencia del ruido, tal como los transitorios de presión, se pueden reducir de manera notable.

Los transitorios de presión, que surgen con frecuencia debido a las influencias de la atmósfera y el entorno (p. ej., al calentamiento de una parte de un conducto bajo luz solar directa, o al enfriamiento de una parte de un circuito que se extiende a través de una habitación climatizada) se observan como ruido, por lo que se requiere un flujo de fluido relativamente grande a través de una grieta 36 con el fin de discriminar de manera fiable la grieta 36 por encima del ruido. No obstante, con la realización de los sistemas mostrados en las figuras 1 y 2, los transitorios de ruido en cada circuito 16 y 14 serán sustancialmente los mismos y por lo tanto al sustraer la respuesta de presión sincronizada en el tiempo del circuito 16 de la del circuito 14, se produce de manera efectiva un rechazo del modo común del ruido lo que permite un umbral de detección sustancialmente más bajo para una grieta 36.

Asimismo, tal como apreciarán aquellos que son expertos en la técnica, el tiempo de medición se reduce sustancialmente ya que los transitorios de desgasificación en los circuitos 14 y 16 serán sustancialmente idénticos y por lo tanto estarán sometidos de nuevo a un rechazo del modo común. Por lo tanto, la realización del sistema 10 puede realizar lecturas fiables mucho antes de que se alcance la presión de estado estacionario en los circuitos 14 y 16.

Las características del circuito 16 se hacen coincidir tan aproximadamente como sea posible a aquellas del circuito 14. Como el circuito 14 incluye un sensor 20 para crear la primera cavidad 32, se puede proporcionar un elemento de detección de referencia 38 en el circuito 16 para formar la cavidad de referencia 42. En la realización representada en las figuras 1, 5 y 6 la cavidad de referencia 42 se muestra como que se forma en el elemento de referencia 38, el cual es un elemento independiente del elemento de detección 20, no obstante, tal como se explica a continuación, en una realización alternativa, tanto la primera cavidad 32 como la cavidad de referencia 42 se pueden formar en el mismo elemento de detección.

El elemento de referencia 38 mostrado en las figuras 6a, 6b y 6c se forma de modo que tenga un canal 40 del mismo volumen que el canal 24, excepto que el canal 40 está totalmente contenido dentro del material del elemento 38. Este canal 40 totalmente contenido forma la cavidad de referencia 42. En consecuencia, el elemento 38, y más en particular la cavidad de referencia 42, aunque está ubicado adyacente a, o digamos encima del sensor 20, no se ve afectado por la formación y propagación de la grieta 36. El circuito de referencia 16 también comprende los conductos 16c y 16d que están instalados en extremos opuestos del canal 40.

El primer circuito 14 comprende una primera impedancia elevada al flujo de fluido 46 conectada en serie entre la fuente de presión 12 y la primera cavidad 32. De manera similar, el circuito 16 comprende una impedancia elevada al flujo de fluido de referencia 48 conectada en serie entre la fuente de presión 12 y la cavidad de referencia 42. Acorde con la coincidencia de los circuitos 14 y 16, las características de las impedancias 46 y 48 también coinciden.

Una válvula de baipás 50 se conecta en derivación a través de la impedancia elevada 46, con una válvula de baipás 52 similar conectada en derivación a través de la impedancia elevada 48. Cuando se cierran las válvulas de baipás 50 y 52, estas forman un cortocircuito de fluido a través de sus impedancias 46 y 48 respectivas.

La fuente de presión comprende una bomba 54 conectada por medio de una válvula 56 a un tanque o acumulador 58. En una realización, la bomba 54 es una bomba de vacío, que opera de modo que evacúe el tanque 58 hasta un nivel de presión por debajo de la presión ambiente. Habitualmente, el tanque 58 tiene un volumen o capacidad sustancialmente mayor que el volumen de los circuitos 14 y 16. A su vez, el tanque 58 está acoplado a los circuitos 14 y 16 por medio de una válvula 60. La fuente de presión puede no estar regulada, es decir, no necesita mantenerse a un nivel constante, sino que más bien puede variar con el tiempo.

El sistema de monitorización 18 comprende un manómetro 62 que proporciona una medida de la presión de la fuente de presión 12, y en particular, del tanque 58. Esta presión será la misma que la presión en los lados adyacentes de las impedancias 46 y 48. El sistema de monitorización 18 comprende además un manómetro 64 que proporciona una medida de la presión en un extremo de la impedancia 46 opuesto al manómetro 62, y un manómetro 66 proporciona una medida de la presión en un extremo de la impedancia 48 opuesto al manómetro 62.

En términos sencillos, la variación entre las lecturas de la presión en los manómetros 62 y 64 proporcionan una medida del flujo de fluido a través de la impedancia 46, mientras que una diferencia entre las lecturas 62 y 66 proporcionan una medida del flujo de fluido a través de la impedancia 48. Un dispositivo de medición 68 que recibe las entradas de cada uno de los manómetros 62, 64 y 66 opera de modo que compare o sustraiga el flujo de fluido a través de la impedancia 48 de aquel de la impedancia 46, lo que proporciona de ese modo una señal indicativa de la

integridad de la estructura 30. A este respecto, debido a la naturaleza coincidente de los circuitos 14 y 16, la diferencia de flujo a través de las impedancias 46 y 48 será muy probablemente un resultado de una fractura en la primera cavidad 32 que surge de la formación o propagación de la grieta 36, que proporciona una comunicación fluida entre la primera cavidad 32 y la presión ambiente, en lugar de deberse al ruido, el cual está sometido a rechazo del modo común.

El sistema 10 comprende además un segundo circuito de fluido 70 que está en comunicación fluida con una segunda fuente de presión, que habitualmente es la atmósfera ambiente. Por tanto, en su forma más simple, el circuito 70 se ventila de manera simple a la atmósfera, aunque como alternativa puede estar acoplado a una segunda fuente de presión específica que tiene una presión diferente a la presión de la primera fuente de presión 12. El circuito 70 comprende una segunda ranura o canal 72 que transcurre adyacente al, aunque está sellada del, primer canal 24 (véase, por ejemplo, la figura 3). El canal 72 forma una segunda cavidad 73 cuando el elemento de detección 20 está sellado a la superficie 28. El segundo canal 72 se forma en el elemento de detección 20 y proporciona un recorrido para las pérdidas a la atmósfera a través de una grieta que atraviesa el canal 24 (es decir, la primera cavidad 32). La formación de los elementos de detección y zonas terminales con ambos primeros canales o cavidades 24/32 y los segundos canales atmosféricos 72 se describe en numerosas patentes propiedad o bajo el control del solicitante de la presente, que incluyen la patente de EE. UU. número 6715365 y la solicitud internacional número PCT/AU2007/000584.

No obstante, de la manera más conveniente, el primer canal 24, la cavidad de referencia 42 y el segundo canal 72 se pueden formar todos en un único elemento de detección común 20', cuyo ejemplo se representa en las figuras 7 y 8. El sensor 20' tiene una superficie inferior 26' en la que se forman el primer canal 24 y el segundo canal 72. Cuando la superficie inferior 26' se sella sobre la superficie 28 de la estructura 30, los canales 24 y 72 respectivos forman la primera cavidad 32 y la segunda cavidad 73 respectivamente. La cavidad de referencia 42 se forma internamente en el sensor 20'. Por tanto, la cavidad de referencia 42 se extiende totalmente entre la superficie inferior 26' y una superficie superior 74 del sensor 20'. El requisito de la cavidad de referencia 42 es que esta tenga sustancialmente las mismas características del fluido que la primera cavidad 32 (cuando la cavidad 32 no está fracturada).

Tal como se representa en la figura 8, el sensor 20' se forma como una estructura laminada que comprende una capa de abajo 76 y una capa de arriba 78. La capa de abajo 76 contiene la superficie inferior 26' del sensor 20' y se forma tanto con el primer canal 24 como con el segundo canal 72. La segunda capa 78 contiene la superficie superior 74 del sensor 20' y se forma con una superficie opuesta 80. El canal de referencia 40 se forma en la superficie 80 y la superficie 80 está adherida sobre la parte superior de la superficie de la capa de abajo 76, lo que forma de ese modo la cavidad de referencia 42 entre las capas 76 y 78. Cuando el sensor 20' está adherido sobre la superficie 28, los canales 24 y 72 junto con la superficie 28 formarán la primera cavidad 32 y la segunda cavidad 73. Estas cavidades se pueden fracturar por la formación de una grieta en la superficie 28. No obstante, la cavidad de referencia 42 está aislada frente al fluido de la superficie 28. De manera adicional, la cavidad de referencia 42 se realiza de modo que tenga unas características del fluido sustancialmente idénticas a la primera cavidad 32. Esto se puede lograr formando los canales correspondientes 40 y 24 de manera que tengan sustancialmente la misma forma, volumen y permeabilidad, así como también de manera que estén tan cerca físicamente entre sí como sea posible.

Los métodos de construcción y formación de sensores laminados, ejemplificados por el sensor 20', se describen con detalle en la solicitud internacional del solicitante número PCT/AU2007/000458.

Se pueden utilizar diversos tipos de conectores para proporcionar un acoplamiento fluido entre los diversos canales y cavidades y el resto de sus circuitos 14, 16 y 70 respectivos, tal como se describe en la solicitud internacional del solicitante número PCT/AU2007/000584.

Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, el sistema 10 comprende además una válvula de conmutación 80 y unas válvulas de continuidad primera y de referencia 82 y 84. La válvula 80 se puede conmutar entre dos posiciones, las cuales conectan de manera alternativa uno de los circuitos de fluido 14 y 70 con la fuente 12 al tiempo que ventila el otro de los circuitos a la atmósfera. En la realización ilustrada, la válvula 80 se muestra conectando el circuito 70 con la fuente 12 al tiempo que ventila el circuito 14 a la atmósfera. No obstante, la conmutación de la válvula 80 a su segunda posición invierte esta configuración, de modo que el circuito 14 esté acoplado a la fuente 12 y el circuito 70 se ventile a la atmósfera.

La válvula 82 se puede conmutar entre una posición en la que esta cierra (es decir, sella) un extremo distal del circuito 14 al tiempo que abre (es decir, ventila a la atmósfera) el extremo distal del circuito 70. En una segunda posición de la válvula 82, esta configuración se invierte, de modo que el extremo distal del circuito 14 se ventile a la atmósfera y el extremo distal del circuito 70 esté cerrado.

La válvula 84 se puede mover entre una posición en la que esta ventila el extremo distal del circuito 16 a la atmósfera (tal como se muestra en este momento en la figura 1) y una segunda posición en la que esta cierra el

extremo distal del circuito 16.

El ensayo de continuidad del sistema 10 se puede llevar a cabo para cada uno de los circuitos 14, 16 y 70. Para realizar un ensayo de continuidad del circuito 14, la válvula 80 se conmuta a una posición donde el circuito 14 está en comunicación fluida con la fuente 12, la válvula 50 se deja abierta y la válvula 82 se mueve a una posición donde el extremo distal del circuito 14 se deja abierto a la atmósfera. Siempre que no haya bloqueo en el circuito 14, en dicha configuración se podría esperar detectar un flujo de fluido relativamente elevado a través de la impedancia 46. No obstante, en el caso de que el circuito 14, y en particular el sensor 20, esté bloqueado, se esperaría un flujo mínimo o cero a través de la impedancia 46. Se pueden realizar ensayos de continuidad similares en el circuito 70 conmutando la válvula 80 para conectar el circuito 70 con la fuente 12 al tiempo que se conmuta la válvula 82 a una posición donde el extremo distal del circuito 70 se ventila a la atmósfera. El ensayo de continuidad del circuito 16 se realiza moviendo la válvula 84 a una posición donde se deja abierto un extremo distal del circuito 16 (tal como se muestra de hecho en la figura 1).

Las válvulas 50 y 52 pueden estar cerradas cuando se opera inicialmente el sistema 10 con la finalidad de desgasificar los circuitos 14 y 16 en el tiempo más corto posible.

El sistema 10 comprende la combinación de un instrumento de medición 90, un cable neumático multihilo 100 y una unidad de detección 102. El instrumento 90 opera de una manera sustancialmente idéntica a la descrita en la solicitud australiana del solicitante número 2006906797. La diferencia sustancial entre la invención descrita en la solicitud de patente australiana mencionada anteriormente y el instrumento 10 actual es la disposición de una segunda impedancia 48 y válvula de baipás 52, que se pueden considerar como que forman parte del circuito 16, y la adición de un manómetro 66.

Haciendo referencia a la figura 2, una parte de cada uno de los circuitos 14, 16 y 70 está contenida dentro del instrumento 90; una parte contenida dentro del conductor o cable 100 y una parte contenida dentro de la unidad de detección 102, que comprende el sensor 20' junto con una longitud corta de conducto que se extiende a ambos lados de cada uno de los canales primero, de referencia y segundo dentro del conductor 20'. El circuito 16 comprende los conductos 16a, 16b, 16c, 16d, 16e y 16f. Los conductos 16a y 16f son internos al instrumento 10. Los conductos 16c y 16d forman parte de la unidad de detección 102 y los conductos 16b y 16e están contenidos dentro del conductor 100. De manera similar, el circuito 14 comprende los conductos 14a y 14f dentro del instrumento 90; los conductos 14c y 14d dentro de la unidad de detección 20', los conductos 14b y 14e dentro del cable 100; y, el circuito 70 comprende los conductos 70a y 70f dentro del instrumento 90; los conductos 70c y 70d dentro de la unidad de detección 102; y los conductos 70b y 70e dentro del conductor 100. Los conductos dentro del instrumento 90 terminan en un conector pasante hembra 104.

Los conductos en la unidad de detección 102 terminan en un conector pasante hembra 106. Los extremos opuestos de los conductos contenidos dentro del conductor 100 terminan en los conectores pasantes machos 108 y 110 respectivos. Los conectores pasantes machos 108 y 110 se pueden conectar a los conectores pasantes hembra 104 y 106 para formar de ese modo los circuitos de fluido 14, 16 y 70 respectivos. Los chips de identificación 112 y 114 están contenidos dentro de la tabla 100 y la unidad de detección 102 respectivamente para facilitar la identificación de estos componentes.

Ahora que se ha descrito una realización de la presente invención con detalle, será evidente para aquellos que son expertos en la técnica pertinente que se pueden realizar numerosas modificaciones y variaciones sin alejarse de los conceptos básicos de la invención. Por ejemplo, aunque la realización ilustrada en las figuras 1 y 2 muestra la disposición del segundo circuito 70, dicho circuito no es necesario en la forma más amplia de la invención. En dicho ejemplo, el sensor 20' se puede modificar con respecto al mostrado en las figuras 7 y 8 mediante la omisión del canal 72. En una variación adicional, el sensor 20' se puede formar con el segundo canal 72, el cual se ventila de manera simple en los extremos opuestos a la atmósfera y no está conectado a ninguno de los conductos. Además, al formar el primer y segundo circuito 14 y 70 de modo que tengan unas características del fluido coincidentes, y en particular los conductos 14a-14f y el canal 24 de modo que tengan características del fluido coincidentes con los conductos 70a-70f y el canal 72 respectivamente, cualquiera de los circuitos 14 y 70 se puede conmutar (es decir, acoplar a) la fuente 12 con el otro ventilado a la atmósfera. Naturalmente, si los circuitos 14 y 70 tienen unas características del fluido coincidentes, entonces también las tienen los circuitos 16 y 70. Todas de dichas modificaciones y variaciones junto con otras que serían obvias para un experto en la técnica se consideran que están dentro del alcance de la presente invención.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de monitorización de la presión por comparación diferencial (10) para la monitorización de la integridad estructural de un componente o estructura (30), donde el sistema comprende,
- 5 una fuente de presión (12);
- un primer circuito de fluido (14) y un circuito de fluido de referencia (16), donde los circuitos primero y de referencia están conectados en paralelo a la fuente de presión (12), teniendo el primer circuito (14) un elemento de detección (20, 20') sellado a una superficie (28) en o dentro de la estructura o componente (30), definiendo el elemento de detección (20, 20') junto con la superficie (28) de la estructura o componente una primera cavidad (32); y,
- 10 un dispositivo de monitorización (18) acoplado a los circuitos primero y de referencia (14, 16), donde el dispositivo de monitorización (18) realiza mediciones simultáneas del flujo o la presión del fluido de los circuitos primero y de referencia (14, 16) y genera una señal indicativa de la integridad de la estructura o componente (30) en base a una diferencia entre el flujo o la presión del fluido medidos de manera simultánea de los circuitos primero y de referencia (14, 16), **caracterizado por que** el circuito de referencia (16) comprende una cavidad de referencia (42) que está
- 15 aislada de la superficie (28) de la estructura o componente (30) y donde los circuitos primero y de referencia tienen sustancialmente las mismas características del fluido, de modo que, en ausencia de una fractura de la primera cavidad (32), debido a la formación o propagación de grietas (36) en el componente o estructura, se obtiene una respuesta de presión sincronizada en el tiempo de manera idéntica, y donde la primera cavidad (32) y la cavidad de referencia (42) están ubicadas adyacentes entre sí.
- 20 2. El sistema (10) de acuerdo con la reivindicación 1, donde la primera cavidad (32) y la cavidad de referencia (42) se forman en el elemento de detección (20').
3. El sistema (10) de acuerdo con la reivindicación 2, donde el elemento de detección (20') está provisto de una primera superficie (26'), que está sellada a la superficie (28) de la estructura o componente, y una segunda superficie (74) opuesta, donde se forma una primera ranura o canal (40) en la primera superficie, formando la
- 25 primera ranura o canal (40) la primera cavidad (32), cuando la primera superficie está sellada a la estructura o componente; y, donde la cavidad de referencia (42) está provista de la primera y segunda superficie interna (26', 74) del elemento de detección (20').
4. El sistema (10) de acuerdo con la reivindicación 3, donde el elemento de detección (20') se forma como una estructura laminada que tiene una primera capa (76) que comprende la primera superficie (26') y en la que se forma
- 30 la primera ranura o canal (24) y una segunda capa (78) sellada sobre la primera capa (76) en una superficie (80) opuesta a la primera superficie (26'), donde la segunda capa comprende la segunda superficie opuesta (74) y la cavidad de referencia (42) se forma entre la primera y segunda capa (76, 78).
5. El sistema (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, donde el primer circuito de fluido (14) comprende una impedancia elevada al flujo de fluido (46) conectada en serie entre la fuente de presión (12) y el
- 35 elemento de detección (20, 20'); y el circuito de referencia (16) comprende una impedancia elevada al flujo de fluido de referencia (48) conectada en serie entre la fuente de presión (12) y la cavidad de referencia (42).
6. El sistema (10) de acuerdo con la reivindicación 5, donde las impedancias elevadas al flujo de fluido primera y de referencia (46, 48) se forman de modo que tengan una impedancia sustancialmente idéntica al flujo de fluido.
7. El sistema (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, que comprende además un segundo
- 40 circuito de fluido (70), donde el segundo circuito de fluido (70) está en comunicación fluida con una segunda fuente de presión que tiene una segunda presión que es diferente de una primera presión de la primera fuente de presión (12).
8. El sistema (10) de acuerdo con la reivindicación 7, donde el segundo circuito (70) comprende una segunda ranura o canal (72) formado en el elemento de detección (20, 20') el cual, cuando el elemento de detección (20, 20') está sellado a la superficie (28) de la estructura o componente (30) forma una segunda cavidad (73) adyacente
- 45 aunque sellada con respecto a la primera cavidad (32).
9. El sistema (10) de acuerdo con la reivindicación 8, donde
- (a) la primera y segunda cavidad (32, 73) tienen características del fluido coincidentes; o
- (b) el primer y segundo circuito de fluido (14, 70) tienen características del fluido coincidentes; o ambas (a) y (b).
- 50 10. El sistema (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 - 9, que comprende una o ambas de:

(a) una primera válvula de baipás (50) conectada en derivación a través de la primera impedancia al flujo de fluido (46) y que tiene un estado cerrado que forma un cortocircuito de fluido a través de la primera impedancia elevada al flujo de fluido (46); y,

5 (b) una válvula de baipás de referencia (52) conectada en derivación a través de la impedancia elevada al flujo de fluido de referencia (48), teniendo la válvula de baipás de referencia (52) un estado cerrado que forma un cortocircuito de fluido a través de la impedancia elevada al flujo de fluido de referencia (48).

10 11. El sistema (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 – 10, que comprende una o ambas de: (a) una primera válvula de continuidad (82) para abrirse de manera selectiva y sellar un extremo del primer circuito de fluido (14) alejado de la fuente de presión; y, (b) una válvula de continuidad de referencia (84) para abrirse de manera selectiva y sellar un extremo del circuito de fluido de referencia (16) alejado de la fuente de presión.

12. El sistema (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 – 11, que comprende además una válvula de conmutación (80) en comunicación fluida en un extremo con la fuente de presión (12) y que se puede conectar de manera selectiva en un extremo opuesto con el primer circuito de fluido (14) o el segundo circuito de fluido (70).

15 13. El sistema (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1- 12, donde el sistema comprende un instrumento de medición (90) que comprende la fuente de presión (12) y una primera parte de los circuitos de fluido primero y de referencia (14, 16); y una unidad de detección (102) que comprende el elemento de detección (20') y una segunda parte de los circuitos de fluido primero y de referencia, y donde el instrumento (90) y la unidad de detección (102) se pueden acoplar y desacoplar entre sí de manera selectiva.

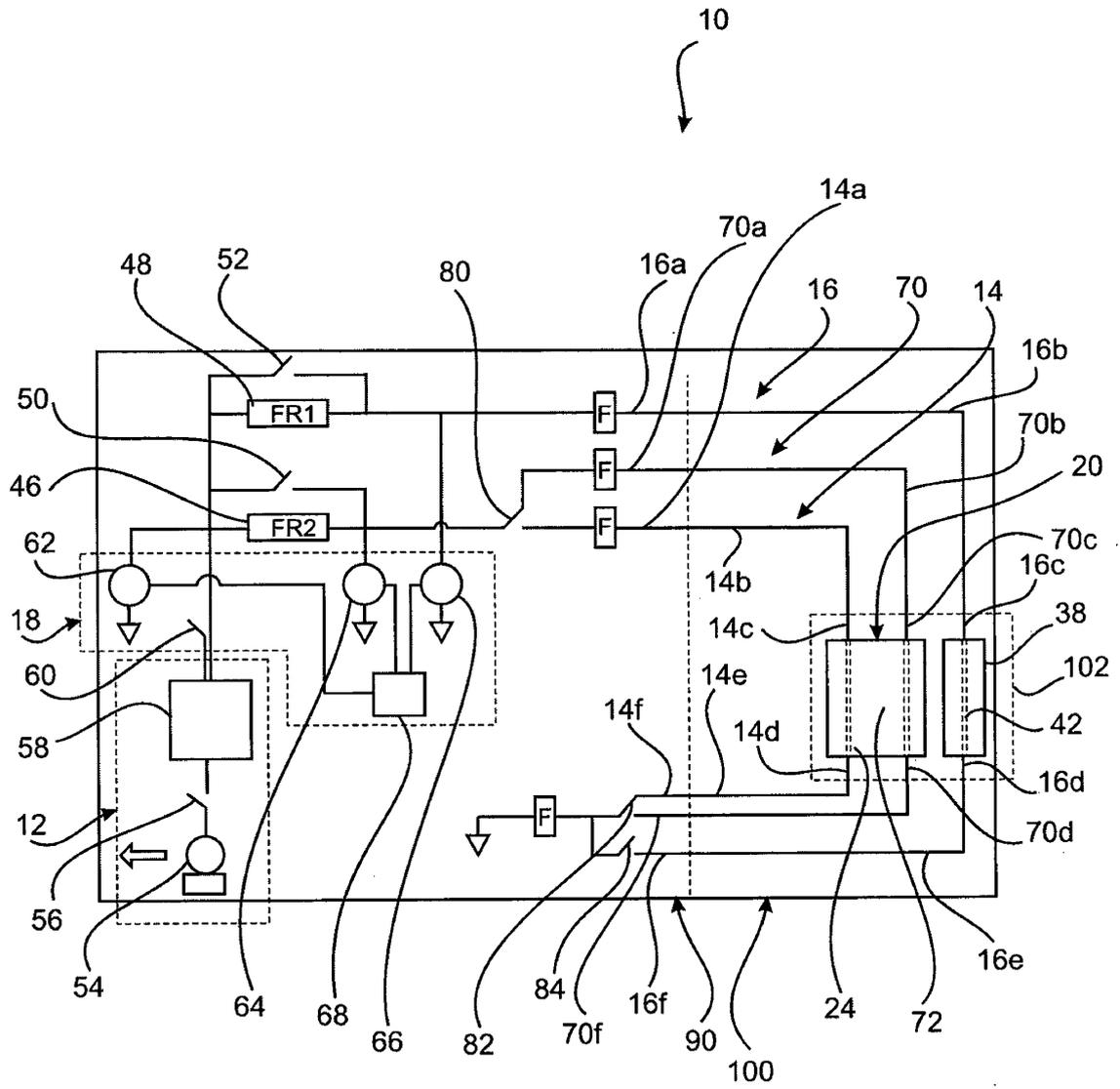


Fig 1

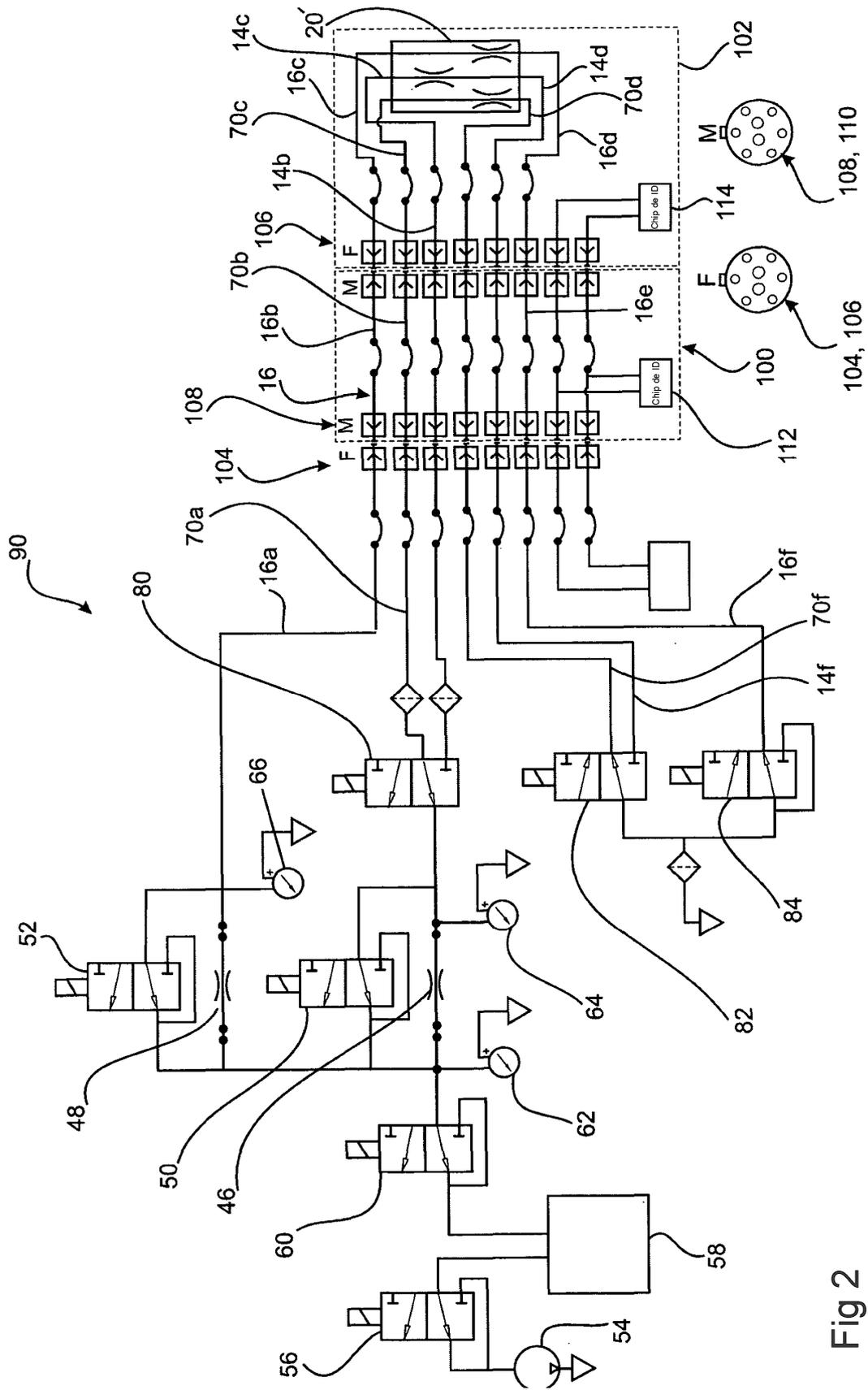
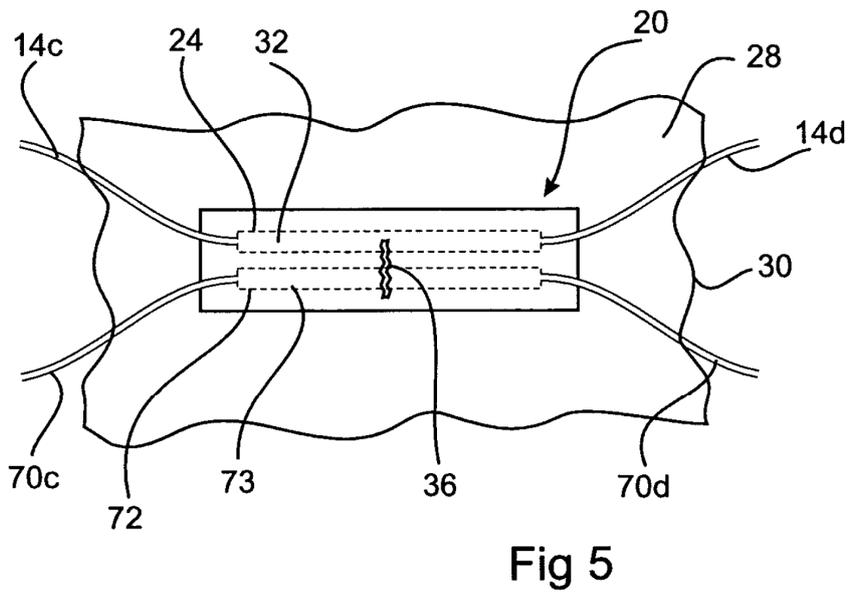
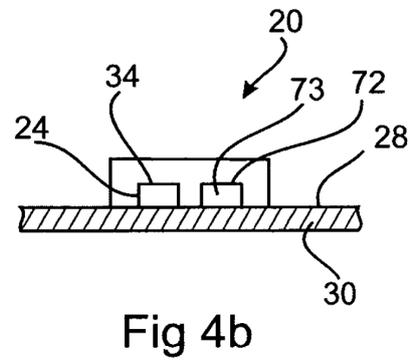
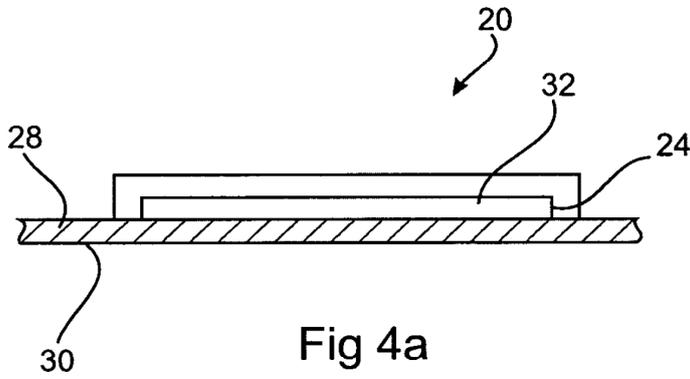
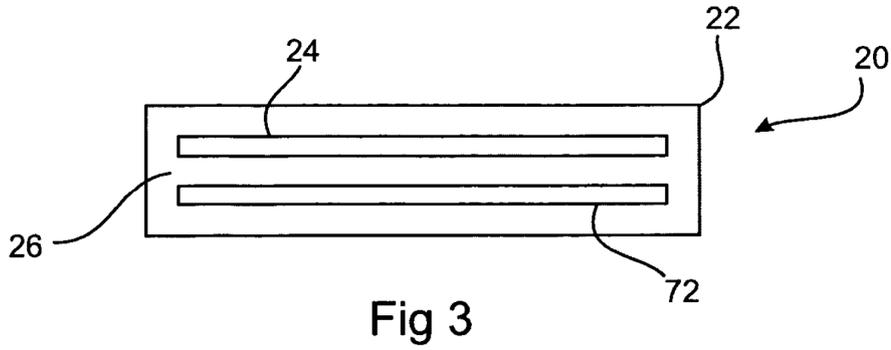


Fig 2



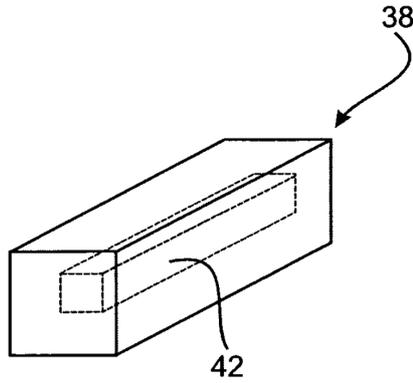


Fig 6a

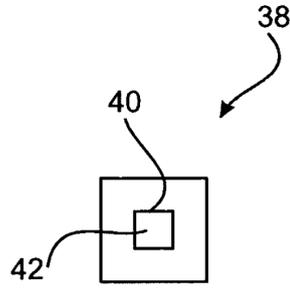


Fig 6b

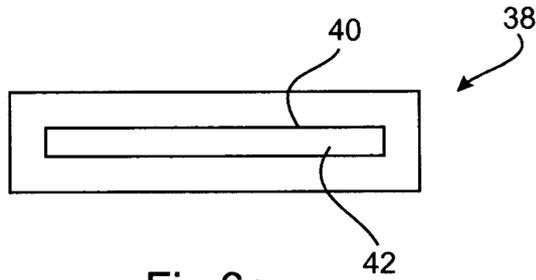


Fig 6c

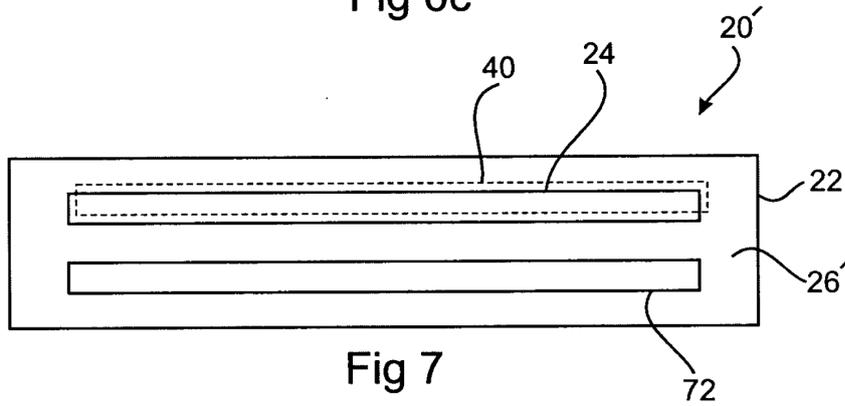


Fig 7

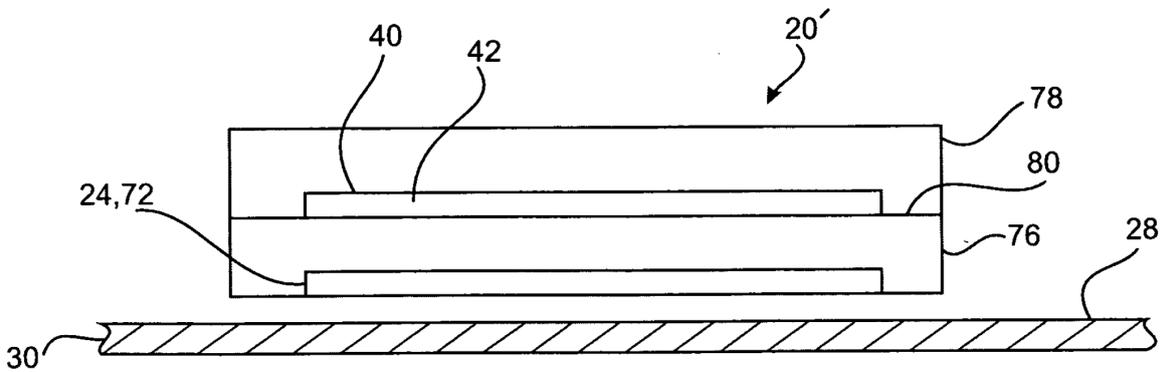


Fig 8