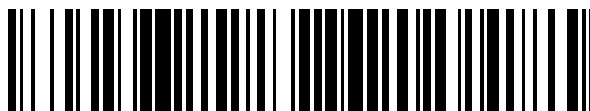


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 232**

51 Int. Cl.:

G01B 11/16 (2006.01)
G01D 5/353 (2006.01)
G01L 1/24 (2006.01)
G01K 11/32 (2006.01)
G02B 6/00 (2006.01)
G02B 6/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2009 PCT/CN2009/072865**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2010 WO10009671**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2009 E 09799986 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 2307853**

54 Título: **Galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura**

30 Prioridad:

22.07.2008 US 177830

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.05.2020

73 Titular/es:

THE HONG KONG POLYTECHNIC UNIVERSITY (50.0%)
Hung Hom, Kowloon
Hong Kong , CN y
MTR CORPORATION LIMITED (50.0%)

72 Inventor/es:

TAM, HWA YAW;
HO, SIU LAU;
LIU, SHUN YEE;
LEE, KANG KUEN;
LEE, TONY KAR YUN;
HON, CHUN CHEONG;
CHAN, HING KEUNG y
TAM, AIKEN YIU MING

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 761 232 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

Galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura

Campo técnico

5 La invención concierne a una galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura para medir la deformación de una estructura anfitrióna.

Antecedentes de la invención

10 Una galga extensiométrica de fibra óptica se conecta típicamente a una estructura anfitrióna para medir la deformación o la vibración experimentadas por la estructura anfitrióna. La deformación o la vibración de la estructura anfitrióna son transferidas a la malla reticular de Bragg para fibra (FBG) conectada a una montura de metal perfilada o atacada químicamente. Las FBG son estructuras registradas dentro de un núcleo de una fibra óptica. La estructura de una FBG provoca que luz de una longitud de onda específica, conocida como longitud de onda de Bragg, sea reflejada dentro de la fibra. El paso (Λ) y el índice refractivo efectivo (n_{eff}) de la estructura y en consecuencia, la longitud de onda de Bragg (dada por $2n_{eff}\Lambda$), son sensibles a la deformación y a la temperatura de manera sumamente repetitiva. Por lo tanto, una FBG es un excelente sensor de fibra óptica. La deformación o la temperatura de la FBG se codifican en la longitud de onda de Bragg que puede ser medida usando un interrogador óptico.

15 Es sumamente deseable una galga extensiométrica precisa que también sea fiable.

Las referencias US 2007/0193362 A1, US 2007/0107529 A1, US 2004/0113055 A1 y JP 2003065730 A generalmente también describen una galga extensiométrica de fibra óptica para medir deformación de una estructura anfitrióna.

Compendio de la invención

20 Según la invención se proporciona una galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura para medir deformación de una estructura anfitrióna, la galga extensiométrica comprende:

una montura para ser conectada funcionalmente a la estructura anfitrióna, la montura tiene una oquedad que separa una primera sección de la montura de una segunda sección de la montura;

25 una primera malla reticular de Bragg para fibra (FBG) registrada dentro de un núcleo de una fibra óptica para medir deformación y temperatura, la primera FBG se ubica transversal a la oquedad y una primera parte extrema de la primera FBG se conecta funcionalmente a la primera sección de la montura y una segunda parte extrema de la primera FBG se conecta funcionalmente a la segunda sección de la montura, las partes extremas de la primera FBG son predeformadas una cantidad mayor que una amplitud de funcionamiento predeterminada de la primera FBG;

30 una segunda malla reticular de Bragg para fibra (FBG) registrada dentro del núcleo de la fibra óptica para medir la temperatura, la medición de temperatura de la segunda FBG se usa para eliminar la temperatura como influencia sobre la medición de deformación de la primera FBG, una primera parte extrema de la segunda FBG se conecta funcionalmente a la primera FBG y una segunda parte extrema de la segunda FBG se conecta funcionalmente a la montura de modo que la segunda FBG esté libre de deformación; y

35 partes de puenteo retirables adyacentes a la oquedad para conectar la primera sección a la segunda sección de la montura, las partes de puenteo se retiran después de conectar funcionalmente la montura a la estructura anfitrióna;

40 en donde la construcción anterior proporciona una característica de prueba de fallo de lado correcto al detectar si una longitud de onda de reflexión revierte a una longitud de onda de Bragg original sin predeformación de la primera FBG para indicar si la primera FBG se ha roto, en donde la primera FBG es cubierta por un pegamento resiliente resistente al agua tal como pegamento de silicona para proteger la primera FBG contra la humedad y para amortiguar la primera FBG para evitar oscilaciones hacia los lados.

Una primera parte de puenteo se puede ubicar adyacente a un lado longitudinal superior de la oquedad y una segunda parte de puenteo se puede ubicar adyacente al lado longitudinal inferior de la oquedad.

Las partes de puenteo se pueden retirar cortando de la montura usando un alicate de corte o troquelando usando una matriz de corte.

45 La montura se puede hacer de metal.

La montura de metal tiene una superficie superior y una superficie inferior, y la superficie inferior de la montura de metal se puede conectar a la estructura anfitrióna mediante soldadura por puntos o un adhesivo tal como epoxi o pegamento.

50 La montura de metal puede tener una pluralidad de agujeros para dirigir el exceso de adhesivo de la superficie inferior de la montura de metal a la superficie superior de la montura de metal de modo que se mantiene contacto directo entre

la montura de metal y la estructura anfitriona para maximizar la transferencia de deformación desde la estructura anfitriona a la primera FBG.

La superficie superior de la montura de metal puede tener plaquitas rebajadas para soldar por puntos la montura de metal a la estructura anfitriona.

- 5 La montura de metal puede tener cuatro plaquitas rebajadas hecha por ataque químico o mecanizado de la montura de metal.

La fibra óptica puede ser una fibra óptica de poca pérdida por curvatura tal como fibra óptica de sílice de único modo que satisface ITU G.657 Tabla B.

La oquedad se puede ubicar en una parte media de la montura.

- 10 La galga extensiométrica puede comprender además una hendidura ubicada en una parte media de cada parte de puenteo para liberar el esfuerzo desarrollado cuando se está retirando la parte de puenteo retirable.

La galga extensiométrica puede comprender además una pareja de alas plegables en una parte extrema de la montura, las alas se pliegan para cubrir y asegurar la fibra óptica en la parte extrema de la montura.

- 15 La superficie inferior de la montura puede comprender un camino rebajado para acomodar la fibra óptica y las FBG de manera que la fibra óptica no sobresale por encima de la superficie inferior de la montura.

El camino rebajado puede tener una parte curvada y una parte recta estrecha, la parte curvada permite a la fibra óptica moverse libremente dentro de la amplitud de funcionamiento predeterminada de las FBG en respuesta a deformación mecánica o deformación térmica, y la parte recta estrecha asegura que la segunda FBG se mantiene recta.

- 20 Las FBG primera y segunda se pueden ubicar en una parte media de la montura y se orientan sustancialmente paralelas entre sí para reducir la longitud de la fibra óptica para la galga extensiométrica.

La segunda parte extrema de la segunda FBG se puede conectar a una parte en voladizo de la montura de modo que está libre de tensión.

En un segundo aspecto, no cubierto por la invención, se proporciona un sistema para medir deformación de una estructura anfitriona, el sistema comprende:

- 25 una montura para ser conectada funcionalmente a la estructura anfitriona, la montura tiene una oquedad que separa una primera sección de la montura de una segunda sección de la montura;

una primera malla reticular de Bragg para fibra (FBG) registrada dentro de un núcleo de una fibra óptica para medir deformación y temperatura, la primera FBG se ubica transversal a la oquedad y una primera parte extrema de la primera FBG se conecta funcionalmente a la primera sección de la montura y una segunda parte extrema de la primera FBG se conecta funcionalmente a la segunda sección de la montura, las partes extremas de la primera FBG son predeformadas una cantidad mayor que una amplitud de funcionamiento predeterminada de la primera FBG;

- 30 una segunda malla reticular de Bragg para fibra (FBG) registrada dentro del núcleo de la fibra óptica para medir la temperatura, la medición de temperatura de la segunda FBG se usa para eliminar la temperatura como influencia sobre la medición de deformación de la primera FBG, una primera parte extrema de la segunda FBG se conecta funcionalmente a la primera FBG y una segunda parte extrema de la segunda FBG se conecta funcionalmente a la montura de modo que la segunda FBG esté libre de deformación; y

partes de puenteo retirables adyacentes a la oquedad para conectar la primera sección a la segunda sección de la montura, las partes de puenteo se retiran después de conectar funcionalmente la montura a la estructura anfitriona;

- 40 en donde se proporciona una característica de prueba de fallo de lado correcto al detectar si una longitud de onda de reflexión revierte a una longitud de onda de Bragg original de la primera FBG para indicar si la primera FBG se ha roto.

En un tercer aspecto, no cubierto por la invención, se proporciona un método para proporcionar una característica de prueba de fallo de lado correcto para una galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura, el método comprende:

- 45 conectar funcionalmente una montura a la estructura anfitriona, la montura tiene una oquedad que separa una primera sección de la montura de una segunda sección de la montura;

predeformar partes extremas de una primera malla reticular de Bragg para fibra (FBG) conectadas a las secciones primera y segunda en una cantidad mayor que una amplitud de funcionamiento predeterminada de la primera FBG;

conectar funcionalmente una segunda malla reticular de Bragg para fibra (FBG) a la primera FBG y la montura; y

retirar partes de puenteo que conectan las secciones primera y segunda después de conectar funcionalmente la

montura a la estructura anfitriona;

en donde se proporciona una característica de prueba de fallo de lado correcto al detectar si una longitud de onda de reflexión revierte a una longitud de onda de Bragg original de la primera FBG para indicar si la primera FBG se ha roto.

5 En un cuarto aspecto, no cubierto por la invención, se proporciona una montura para una galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura, la montura comprende:

una oquedad ubicada en una parte media de la montura para separar la montura en una primera sección y una segunda sección; y

puentes retirables para conectar la primera sección a la segunda sección;

en donde tras haber conectado funcionalmente la montura a una estructura anfitriona, se retiran los puentes retirables.

10 En un quinto aspecto, no cubierto por la invención, se proporciona un sensor de temperatura para medir la temperatura de una estructura anfitriona, el sensor de temperatura comprende:

una montura para ser conectada funcionalmente a la estructura anfitriona;

un camino rebajado definido en una superficie de la montura que tiene al menos una sección recta y al menos una sección curvada;

15 una malla reticular de Bragg para fibra (FBG) registrada dentro de un núcleo de una fibra óptica para medir temperatura, la FBG se ubica dentro de la sección recta del camino rebajado para asegurar que la FBG se mantiene recta;

en donde la al menos una sección curvada del camino rebajado permite movimiento lateral limitado de la fibra óptica.

20 En un sexto aspecto, no cubierto por la invención, se proporciona una montura para un sensor de temperatura, la montura comprende:

un camino rebajado definido en una superficie de la montura que tiene al menos una sección recta y al menos una sección curvada;

25 en donde una malla reticular de Bragg para fibra (FBG) registrada dentro de un núcleo de una fibra óptica para medir temperatura se ubica dentro de la sección recta del camino rebajado para asegurar que la FBG se mantiene recta, y la al menos una sección curvada del camino rebajado permite movimiento lateral limitado de la fibra óptica.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirá un ejemplo de la invención con referencia a figura 2; las otras figuras muestran ejemplos no cubiertos por la invención:

la figura 1 es una vista en planta superior de una galga extensiométrica de fibra óptica antes de la instalación;

30 la figura 2 es una vista en planta inferior de la galga extensiométrica de la figura 1 antes de la instalación y según la invención;

la figura 3 es una vista en planta superior de una galga extensiométrica de la figura 1 después de la instalación;

la figura 4 es una vista en planta superior de una galga extensiométrica antes de la instalación;

la figura 5 es una vista en planta inferior de la galga extensiométrica de la figura 4 antes de la instalación;

35 la figura 6 es una vista en planta superior de una galga extensiométrica de la figura 3 después de la instalación; y

la figura 7 es una vista en planta superior de un sensor de temperatura.

Descripción detallada de los dibujos

40 Haciendo referencia a las figuras 1 a 3, en donde únicamente la figura 2 es según la invención, se proporciona una galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura 10 para medir deformación de una estructura anfitriona 5. La estructura anfitriona 5 puede ser, pero sin limitación a esto, una viga-1 o un vía férrea. La galga extensiométrica 10 generalmente comprende: una montura 20, una primera malla reticular de Bragg para fibra (FBG) 30, una segunda malla reticular de Bragg para fibra (FBG) 40 y partes de puenteo retirables 24. La primera malla reticular de Bragg para fibra 30 y la segunda malla reticular de Bragg para fibra 40 pueden ser recubiertas con una capa delgada de recubrimiento protector tal como poliimida. La montura 20 se hace de metal y se va a conectar funcionalmente a la estructura anfitriona 5 durante la instalación de la galga extensiométrica 10. La montura 20 tiene una oquedad 19 que separa una primera sección 17 de la montura 20 de una segunda sección 18 de la montura 20.

45

La oquedad 19 se ubica en una parte media de la montura 20. La primera FBG 30 se registra dentro de un núcleo de una fibra óptica 11 para medir deformación y temperatura experimentados por la estructura anfitriona 5. Preferiblemente, la fibra óptica 11 es una fibra óptica de baja pérdida por curvatura tal como fibra óptica de sílice de único modo que satisface ITU G.657 Tabla B. La primera FBG 30 se ubica transversal a la oquedad 19. Un extremo de la primera FBG 30 se conecta funcionalmente a la primera sección 17 de la montura 20. El otro extremo de la primera FBG 30 se conecta funcionalmente a la segunda sección 18 de la montura 20. Los extremos de la primera FBG 30 son predeformados una cantidad mayor que una amplitud de funcionamiento predeterminada de la primera FBG 30 que permite proporcionar una característica de prueba de fallo de lado correcto. La segunda FBG 40 también se registra dentro del núcleo de la fibra óptica 11 para medir temperatura. La medición de temperatura de la segunda FBG 40 se usa para eliminar la temperatura como influencia en la medición de deformación de la primera FBG 30. Un extremo de la segunda FBG 40 se conecta funcionalmente a la primera FBG 30. Otro extremo de la segunda FBG 40 se conecta funcionalmente a la montura de modo que la segunda FBG 40 está libre de deformación. Las partes de puenteo 24 se ubican adyacentes a la oquedad 19. Las partes de puenteo 24 conectan la primera sección 17 a la segunda sección 18 de la montura 20. Las partes de puenteo 24 se retiran después de conectar funcionalmente la montura 20 a la estructura anfitriona 5 durante la instalación de la galga extensiométrica 10. Se proporciona una característica de prueba de fallo de lado correcto al detectar si una longitud de onda de reflexión revierte a una longitud de onda de Bragg original de la primera FBG 30 para indicar si la primera FBG 30 se ha roto.

Hay dos partes de puenteo 24. Las partes de puenteo 24 se ubican adyacentes a los lados longitudinales superior e inferior de la oquedad 19. Las partes de puenteo 24 se retiran al cortarlas de la montura 20 usando un alicate de corte o troquelándolas de la montura 20 usando una matriz de corte. En el medio de cada parte de puenteo 24 se proporciona una hendidura 23. La hendidura 23 alivia el esfuerzo desarrollado cuando se está retirando la parte de puenteo 24.

La montura 20 tiene una superficie superior y una superficie inferior. La superficie inferior de la montura 20 se conecta a la estructura anfitriona 5 mediante soldadura por puntos, soldadura blanda o un adhesivo tal como epoxi o pegamento. La montura 20 tiene una pluralidad de agujeros 22 para dirigir cantidades en exceso de adhesivo desde la superficie inferior de la montura 20 a la superficie superior de la montura 20. Esto asegura que se mantiene contacto directo entre la montura 20 y la estructura anfitriona 5 para maximizar la transferencia de deformación desde la estructura anfitriona 5 a la primera FBG 30 para medición. La superficie superior de la montura 20 tiene cuatro plaquitas rebajadas 21 para soldar por puntos la montura 20 a la estructura anfitriona 5. Las plaquitas rebajadas 21 se hacen por ataque químico o mecanizado de la montura 20. En el extremo de cable de la montura 20 se proporciona una pareja de alas plegables 28. Las alas 28 se pliegan para cubrir y asegurar la fibra óptica 11 en el extremo de cable de la montura 20 durante la instalación. La superficie inferior de la montura 20 comprende un camino rebajado 12. El camino rebajado 12 acomoda la fibra óptica 11 y las FBG 30, 40. Esto asegura que la fibra óptica 11 es sostenida en el camino rebajado 12 y no sobresale por encima de la superficie inferior de la montura 20. El camino rebajado 12 tiene una parte curvada 26 y una parte recta estrecha 25. La parte curvada 26 permite a la fibra óptica 11 moverse libremente dentro de la amplitud de funcionamiento predeterminada de las FBG 30, 40 en respuesta a deformación mecánica o deformación térmica. La parte recta estrecha 25 asegura que la segunda FBG 40 se mantiene recta.

La primera FBG 30 es cubierta por un pegamento resiliente resistente al agua tal como pegamento de silicona para proteger la primera FBG 30 contra la humedad. El pegamento también amortigua la primera FBG 30 para evitar oscilaciones hacia los lados.

Haciendo referencia a las figuras 4 a 6, que no está cubierta por la invención, en otro ejemplo, se proporciona una segunda galga extensiométrica 100. La segunda galga extensiométrica 100 difiere de la primera galga extensiométrica 10 descrita porque las FBG primera y segunda 30, 40 se ubican en una parte media de la montura 20. Las FBG primera y segunda 30, 40 se orientan sustancialmente paralelas entre sí para reducir la longitud de fibra óptica 11 requerida para la galga extensiométrica 10.

Esto permite proporcionar una galga extensiométrica de fibra óptica más corta 100. El segundo extremo de la segunda FBG 40 se conecta a una parte en voladizo de la montura 20 de modo que está libre de tensión. La segunda FBG 40 se mantiene recta pero libre de tensión por una zona en voladizo 45 de la montura 20. También hay un camino rebajado 12 en el lado inferior de la montura 20 para acomodar y proteger las dos FBG 30, 40 y la fibra óptica 11.

La razón para predeformar la primera FBG 30 cuando se conecta a la montura de metal es porque impide que la primera FBG 30 se hunda cuando la galga extensiométrica 10 experimenta deformación o esfuerzo negativos. La primera FBG 30 debe ser predeformada una cantidad mucho mayor que la amplitud de funcionamiento normal del sensor. Por ejemplo, si la amplitud de funcionamiento de la FBG es ± 1.000 microdeformación, entonces la primera FBG 30 debe ser predeformada a más de $+1.000$ microdeformación. La primera FBG 30 se conecta a la segunda FBG 40 por medio de un camino curvado en la montura 20. Esta disposición de conexión permite conectar la primera FBG 30 en un extremo únicamente y así simplificar el proceso de instalación. Tener ambos extremos de la fibra óptica 11 conectados en el mismo lado permite usar la primera FBG 30 en esquinas apretadas o pequeñas áreas. La segunda FBG 40 se conecta a la montura 20 en un extremo únicamente. El otro extremo de la segunda FBG 40 no se conecta a la montura. Esta disposición de conexión libera la segunda FBG 40 de cualquier deformación mecánica y así únicamente responderá a cambios de temperatura. Las dos FBG 30, 40 están en las cercanías entre sí y por lo tanto se supone que se someten a la misma temperatura. Sabiendo la temperatura de la segunda FBG 40, se puede eliminar su influencia en la medición de deformación/vibración obtenida por la primera FBG 30. Al comparar la medición de la

primera FBG 30 con la segunda FBG 40, la galga extensiométrica 10 funciona como galga extensiométrica compensada en temperatura o sensor de vibración compensado en temperatura.

5 Un cambio en la deformación o el esfuerzo altera el centro de la longitud de onda de la luz reflejada desde la primera FBG 30. Un cambio de temperatura altera el centro de la longitud de onda de la luz reflejada desde la primera FBG 30 y la segunda FBG 40. La deformación y la temperatura afectan directamente al periodo de la modulación de índice (Λ) y el índice efectivo de refracción (n). Por lo tanto, cualquier cambio en deformación y temperatura afecta directamente a la longitud de onda de Bragg.

10 La montura 20 se hace de metal perfilado y se ataca químicamente o mecaniza con un camino rebajado 12 en el lado inferior de la montura 20. El camino rebajado 12 acomoda la fibra óptica 11 y las dos FBG 30, 40. Esto permite sostener la fibra óptica 11 en el camino rebajado 12 por debajo de la superficie del lado inferior de la montura 20. En particular, la parte curvada 26 del camino rebajado 20 permite a la fibra óptica 11 moverse libremente dentro de la amplitud de funcionamiento especificada de la segunda FBG 40 de manera que no se transfiere deformación mecánica y deformación térmica de la montura 20 a la segunda FBG 40. La zona recta 25 del camino rebajado 12 es estrecha y recta para mantener la segunda FBG 40 recta.

15 El lado superior de la montura 20 se ataca químicamente o se mecaniza con plaquitas rebajadas 21. Durante la instalación, el lado inferior de la montura 20 que tiene la fibra óptica 11 se hace encararse a la estructura anfitriona 5. La galga extensiométrica 10 se suelda a la estructura anfitriona 5 mediante soldadura por puntos en la ubicación de las plaquitas rebajadas 21. Como alternativa, se usa pegamento epoxi para adherir la galga extensiométrica 10 a la estructura anfitriona 5. Los orificios pasantes 22 en la montura 20 dirigen el exceso de epoxi desde el lado inferior al
20 lado superior a fin de mantener uniforme la capa epoxi y tan delgada como sea posible. Esto permite mantener contacto directo entre la galga extensiométrica 10 y la estructura anfitriona 5 y así maximizar la transferencia de deformación desde la estructura anfitriona 5 a la galga extensiométrica 10.

25 En el extremo de cable de la montura 20, hay dos alas plegables 28. Las dos alas 28 se pliegan sobre el cable de fibra óptica 11 sobre el lado superior de la montura 20. Esto asegura el cable de fibra óptica 11 a la montura 20. En la parte media de la montura 20, hay dos puentes 24 que impiden la distorsión de la montura de metal 20. Tras conectar firmemente la galga extensiométrica 10 sobre la estructura anfitriona 5, se retiran los dos puentes 24 de manera que la parte media de la primera FBG 30 es soportada únicamente por la estructura anfitriona 5 pero no por la montura 20. La retirada de los puentes 24 puede ser realizada cortando los puentes 24.

30 La galga extensiométrica 10 proporciona una característica de prueba de fallo de lado correcto. Esto es muy importante para aplicaciones críticas en seguridad tales como vías de ferrocarril. Si la galga extensiométrica 10 se desconecta accidentalmente de la estructura anfitriona 5, por ejemplo, la FBG 30 se rompe, o se observa un cambio inusualmente grande de deformación, el cambio grande de deformación leva la longitud de onda de reflexión nuevamente a la longitud de onda sin predeformación o no permisible de la primera FBG 30. La longitud de onda no permisible es la longitud de onda de Bragg original de la primera FBG 30 antes de ser conectada a la montura 20. La longitud de onda de Bragg de la primera FBG 30 cambia a una longitud de onda más larga después de ser conectada sobre la montura
35 20 y no vuelve a su valor original durante el funcionamiento. La longitud de onda de Bragg de la primera FBG 30 únicamente volverá a su longitud de onda original cuando no esté bajo tensión. De la detección de esta condición se infiere que la primera FBG 30 está rota o la galga extensiométrica de fibra óptica está completa o parcialmente desconectada de la estructura anfitriona 5. La detección de esta condición es posible porque la primera FBG 30 se predeforma a una cantidad mayor que la amplitud de medición de funcionamiento de la primera FBG 30. Después de la instalación cuando se retiran o se cortan los puentes 24, cuando uno o ambos lados de la montura de metal 2 se desconectan de la estructura anfitriona 5, la primera FBG 30 se rompe o pierde tensión. Una galga extensiométrica 10 desconectada o dañada es detectable.

45 Tras retirar los puentes 24, la primera FBG 30 y la fibra óptica de retorno 11 se cubren con un pegamento resiliente resistente al agua. Por ejemplo, se puede usar un pegamento de silicona. El pegamento protege las FBG primera y segunda 30, 40 contra la humedad y también amortigua las FBG tensionadas 30, 40 para evitar oscilaciones hacia los lados.

50 La galga extensiométrica 10 se puede usar para medir deformación y esfuerzo o vibración de una estructura. Es particularmente útil cuando el ambiente para la instalación de la galga extensiométrica 10 no es adecuado para galgas extensiométricas eléctricas convencionales. Estos ambientes incluyen campo de radiación electromagnética alta, por ejemplo, líneas/torres de transmisión de motor y energía, gas/líquido inflamable con riesgo de ignición, o presencia de sustancias corrosivas. Más importante, la galga extensiométrica 10 proporciona una característica de fallo de lado derecho para permitirle ser usada en aplicaciones que deben ser seguras contra fallo. En otras palabras, una galga extensiométrica 10 que no funciona debe identificarse proactivamente como que no es funcional. Por ejemplo tales
55 aplicaciones incluyen aplicaciones de vía férrea que tienen que cumplir con el estándar de Seguridad Nivel Cuatro.

Las galgas extensiométricas 10, 100 proporcionan las siguientes cuatro ventajas cuando se comparan con galgas extensiométricas eléctricas convencionales: Inmunidad EMI, larga distancia de detección, configuración simple de sensor y sin riesgo de ignición. Únicamente se transmite una señal óptica dentro de la galga extensiométrica de fibra óptica que es inmune a interferencia electromagnética (EMI). La larga distancia de detección se logra al usar fibra

5 óptica de sílice de único modo de baja pérdida de calidad para telecomunicación para conectar y fabricar galgas extensiométricas de fibra óptica. Decenas o incluso cientos de galgas extensiométricas de fibra óptica se pueden conectar en serie a lo largo de una única fibra óptica. En contraste, cada única galga extensiométrica eléctrica se debe conectar con al menos una pareja de cable eléctrico. Así, la topología de red y la instalación de las galgas extensiométricas de fibra óptica son superiores a las galgas extensiométricas eléctricas. Las galgas extensiométricas de fibra óptica únicamente llevan una señal óptica que no tiene riesgo de crear un arco ni provocar fuego. Esta característica es importante en particular cuando el campo de instalación tiene peligro de explosión o incendio, tal como plantas químicas y pozos de petróleo.

10 La galga extensiométrica 10 ofrece varias características importantes no encontradas en otras galgas extensiométricas de fibra óptica existentes. Al usar una fibra óptica de baja pérdida por curvatura dentro del paquete de galga extensiométrica, ambas fibras ópticas entrante y saliente pueden estar desde un lado del paquete de galga extensiométrica. La característica permite poder usar la galga extensiométrica 10 en una ubicación de espacio limitado (por ejemplo, una esquina apretada o un extremo muerto) en la que la instalación de un retorno cable es difícil o imposible.

15 Al empaquetar una segunda FBG 40 que es sensible a la temperatura dentro del mismo paquete que la primera FBG 30 que es sensible a la deformación, la galga extensiométrica entera 10 se puede usar como galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura.

20 La característica de fallo de lado derecho de la galga extensiométrica 10 le permite ser usada en aplicaciones críticas en seguridad. Sin una característica de fallo de lado derecho, un fallo de sensor no observado probablemente provoca problemas graves o incluso arriesgar vidas.

En algunas aplicaciones donde son prominentes factores ambientales tales como viento y vibración, la incorporación de fibra óptica de baja pérdida por curvatura G657 tabla B logra estabilidad de señal de galga extensiométrica y nivel de potencia óptica. Tren y vías férreas, vehículos, aviones y puentes are algunas de las aplicaciones.

25 Los cables/fibra ópticas de conexión de baja pérdida por curvatura son menos susceptibles a vibración no deseada. Las fibras/cables de baja pérdida por curvatura compatibles para las FBG 30, 40 se pueden usar para conectar juntas una serie de galgas extensiométricas de fibra óptica 10 con baja pérdida de conexión. Las fibras de baja pérdida por curvatura son mucho menos susceptibles a perturbaciones externas tales como vibraciones. Esta característica es muy crítica en aplicaciones donde las galgas extensiométricas 10 se instalan en objetos móviles, tales como trenes, donde una vibración excesiva o variaciones de temperatura podrían introducir pequeñas curvas a las fibras/cables de conexión, provocando pérdidas ópticas ocasionales grandes que hacen la señal óptica demasiado pequeña para ser leída por el sistema.

30 El uso de pegamento resiliente para amortiguar la oscilación hacia los lados de la FBG 30 también es una característica importante ya que esta oscilación podría introducir cambio no deseado de longitud de onda que podría estropear las mediciones de deformación o vibración longitudinal de la galga extensiométrica 10.

35 Se elimina la influencia de la montura 20 en las FBG 30, 40. El diseño de la galga extensiométrica 10 elimina la influencia de la montura 20 en las FBG 30, 40 durante la medición de deformación. El corte de los dos puentes 24 de la galga extensiométrica 10 elimina el efecto de transferencia de temperatura en la montura 20 a las FBG 30, 40. Al mismo tiempo, el diseño también elimina el efecto de epoxi/pegamento (si se usa) en la medición de temperatura.

40 La expansión térmica de la montura 20 no es transferida a la FBG 40 y por lo tanto se necesita asignar sustancialmente menos espectro a la FBG 40 para medición de temperatura en un intervalo dado de temperaturas. Por ejemplo, el coeficiente de temperatura de una FBG es típicamente aproximadamente 10 pm/°C y el de una FBG empaquetada convencional es aproximadamente 30-40 pm/°C. En consecuencia, los interrogadores de FBG pueden manejar 3-4 veces más sensores de temperatura de FBG a lo largo de una única fibra usando la galga extensiométrica 10.

45 A diferencia de planteamientos convencionales de instalación de FBG, la galga extensiométrica 10 no necesita someter a epoxi o pegamento la longitud entera de FBG 30, 40 sobre la estructura anfitriona 5. Esto elimina el ensanchamiento espectral de las FBG 30, 40 durante la instalación. Esto puede ser debido a varios factores, entre otros: superficie irregular de la estructura 5 e introducción de errores de medición. Esto también simplifica el proceso de instalación porque la galga extensiométrica 10 no necesita una superficie sumamente pulida para la instalación.

50 Haciendo referencia a la figura 7, que no está cubierta por la invención, se proporciona un sensor de temperatura 200 para medir la temperatura de una estructura anfitriona. Similar a los ejemplos anteriores, el sensor de temperatura 200 comprende una montura 20 para ser conectada funcionalmente a la estructura anfitriona y un camino rebajado 12 definido en una superficie de la montura 20. El camino rebajado 12 tiene al menos una sección recta 25 para colocación de una malla reticular de Bragg para fibra (FBG) 40 para medir temperatura. La sección recta 25 asegura que la FBG 40 se mantiene recta. El camino rebajado 12 también tiene varias secciones curvadas 26 que permiten movimiento lateral limitado de la fibra óptica 11. Las secciones curvadas 26 tienen una anchura más ancha que la sección recta de modo que hay más espacio para acomodar el movimiento de la fibra óptica 11 cuando el sensor de temperatura 200 está en uso.

Los expertos en la técnica apreciarán que se pueden hacer numerosas variaciones y/o modificaciones a la invención como se muestra en las realizaciones específicas sin salir del alcance de la invención como se reivindica.

REIVINDICACIONES

1. Una galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura para medir deformación de una estructura anfitriona (5), la galga extensiométrica comprende:
 - 5 una montura (20) para ser conectada funcionalmente a la estructura anfitriona (5), la montura (20) tiene una oquedad que separa una primera sección de la montura (20) de una segunda sección de la montura (20);
 - 10 una primera malla reticular de Bragg para fibra (FBG) (30, 40) registrada dentro de un núcleo de una fibra óptica para medir deformación y temperatura, la primera FBG (30, 40) se ubica transversal a la oquedad y una primera parte extrema de la primera FBG (30, 40) se conecta funcionalmente a la primera sección de la montura (20) y una segunda parte extrema de la primera FBG (30, 40) se conecta funcionalmente a la segunda sección de la montura (20), las partes extremas de la primera FBG (30, 40) es predeformada una cantidad mayor que una amplitud de funcionamiento predeterminada de la primera FBG (30, 40);
 - 15 una segunda malla reticular de Bragg para fibra (FBG) (30, 40) registrada dentro del núcleo de la fibra óptica para medir la temperatura, la medición de temperatura de la segunda FBG (30, 40) se usa para eliminar la temperatura como influencia sobre la medición de deformación de la primera FBG (30, 40), una primera parte extrema de la segunda FBG (30, 40) se conecta funcionalmente a la primera FBG (30, 40) y una segunda parte extrema de la segunda FBG (30, 40) se conecta funcionalmente a la montura (20) de modo que la segunda FBG (30, 40) esté libre de deformación; y
 - 20 partes de puenteo retirables adyacentes a la oquedad para conectar la primera sección a la segunda sección de la montura (20), las partes de puenteo son retirables después de conectar funcionalmente la montura (20) a la estructura anfitriona (5);
 - 25 en donde la construcción anterior proporciona una característica de prueba de fallo de lado correcto al detectar si una longitud de onda de reflexión revierte a una longitud de onda de Bragg original sin predeformación de la primera FBG para indicar si la primera FBG (30, 40) se ha roto, en donde la primera FBG (30, 40) es cubierta por un pegamento resiliente resistente al agua tal como pegamento de silicona para proteger la primera FBG (30, 40) contra la humedad y para amortiguar la primera FBG para evitar oscilaciones hacia los lados.
2. La galga extensiométrica según la reivindicación 1, en donde una primera parte de puenteo se ubica adyacente a un lado longitudinal superior de la oquedad y una segunda parte de puenteo se ubica adyacente al lado longitudinal inferior de la oquedad.
- 30 3. La galga extensiométrica según la reivindicación 1, en donde la montura se hace de metal y la montura de metal tiene una superficie superior y una superficie inferior, y la superficie inferior de la montura de metal es conectable a la estructura anfitriona por soldadura por puntos o un adhesivo tal como epoxi o pegamento y la montura de metal tiene una pluralidad de agujeros para dirigir exceso de adhesivo de la superficie inferior de la montura de metal a la superficie superior de la montura de metal de modo que se mantiene contacto directo entre la montura de metal y la estructura anfitriona para maximizar la trasferencia de deformación desde la estructura anfitriona a la primera FBG.
- 35 4. La galga extensiométrica según la reivindicación 3, en donde la superficie superior de la montura de metal tiene plaquitas rebajadas para soldar por puntos la montura de metal a la estructura anfitriona y la montura de metal tiene cuatro plaquitas rebajadas hechas por ataque químico o mecanizado de la montura de metal.
- 40 5. La galga extensiométrica según la reivindicación 1, que comprende además una hendidura ubicada en una parte media de cada parte de puenteo para liberar el esfuerzo desarrollado cuando se está retirando la parte de puenteo retirable y la galga extensiométrica comprende además una pareja de alas plegables en una parte extrema de la montura, las alas se pliegan para cubrir y asegurar la fibra óptica (11) en la parte extrema de la montura.
- 45 6. La galga extensiométrica según la reivindicación 1, en donde la superficie inferior de la montura comprende un camino rebajado (12) para acomodar la fibra óptica (11) y las FBG de manera que la fibra óptica (11) no sobresale por encima de la superficie inferior de la montura y el camino rebajado (12) tiene una parte curvada y una parte recta estrecha, la parte curvada permite a la fibra óptica (11) moverse libremente dentro de la amplitud de funcionamiento predeterminada de las FBG en respuesta a deformación mecánica o deformación térmica, y la parte recta estrecha asegura que la segunda FBG se mantiene recta.
- 50 7. La galga extensiométrica según la reivindicación 1, en donde las FBG primera y segunda se ubican en una parte media de la montura y se orientan sustancialmente paralelas entre sí para reducir la longitud de la fibra óptica (11) para la galga extensiométrica.
8. La galga extensiométrica según la reivindicación 1, en donde la segunda parte extrema de la segunda FBG se conecta a una parte en voladizo de la montura de modo que está libre de tensión.

9. Un método para proporcionar una característica de prueba de fallo de lado correcto para una galga extensiométrica de fibra óptica compensada en temperatura, el método comprende:

conectar funcionalmente una montura (20) a la estructura anfitriona, la montura (20) tiene una oquedad que separa una primera sección de la montura de una segunda sección de la montura (20);

- 5 predeformar partes extremas de una primera malla reticular de Bragg para fibra (FBG) (30, 40) conectada a las secciones primera y segunda una cantidad mayor que una amplitud de funcionamiento predeterminada de la primera FBG (30, 40);

conectar funcionalmente una segunda malla reticular de Bragg para fibra (FBG) (30, 40) a la primera FBG (30, 40) y la montura (20); y

- 10 retirar partes de puenteo que conectan las secciones primera y segunda después de conectar funcionalmente la montura (20) a la estructura anfitriona (5);

en donde la construcción anterior proporciona una característica de prueba de fallo de lado correcto al detectar si una longitud de onda de reflexión revierte a una longitud de onda de Bragg original sin predeformación de la primera FBG (30, 40) para indicar si la primera FBG (30, 40) se ha roto, en donde la primera FBG (30, 40) se cubre con un pegamento

- 15 resiliente resistente al agua tal como pegamento de silicona para proteger la primera FBG (30, 40) contra la humedad, en donde el pegamento también amortigua la primera FBG (30, 40) para evitar oscilaciones hacia los lados.

Figura 1

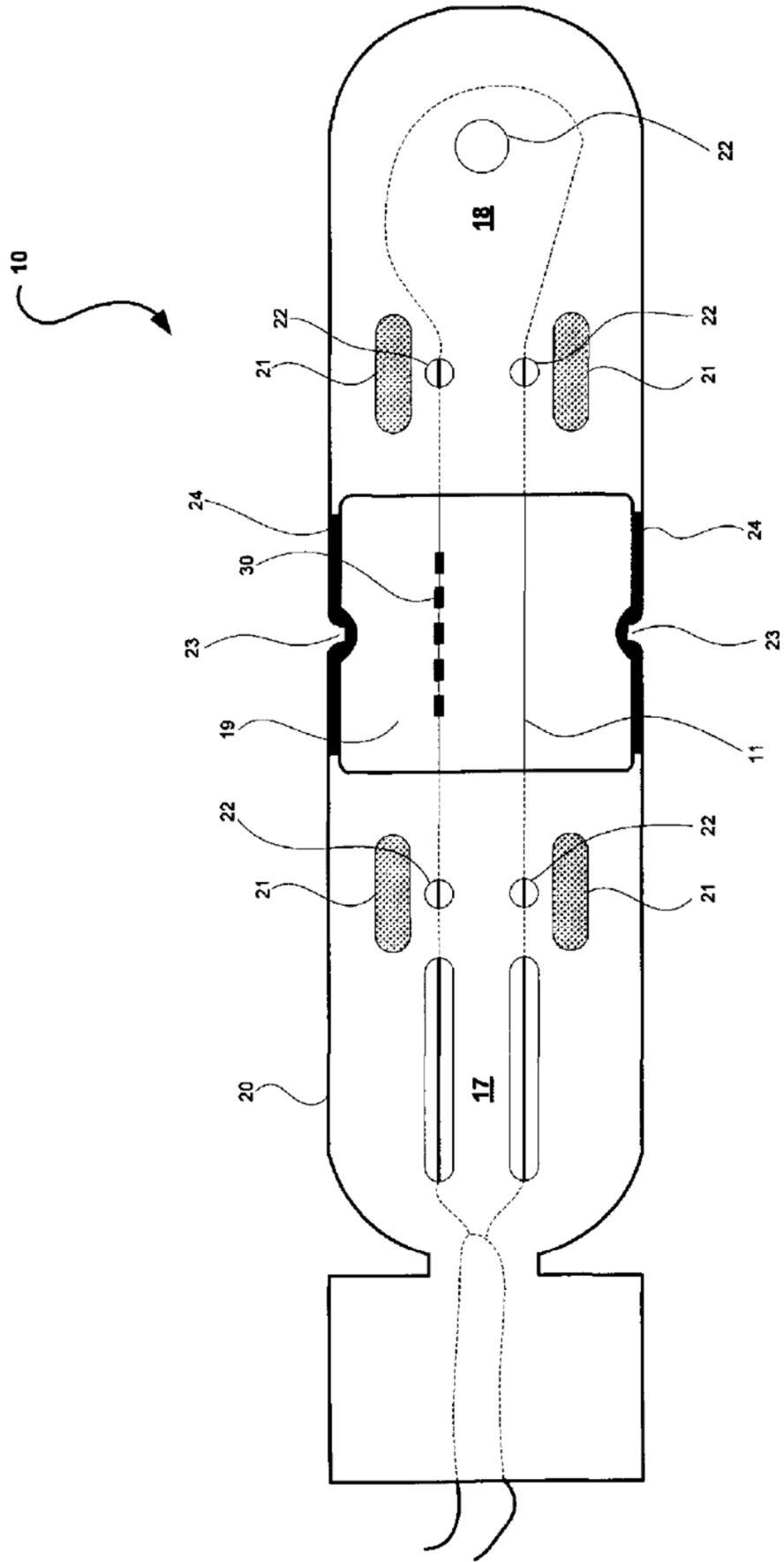


Figura 2

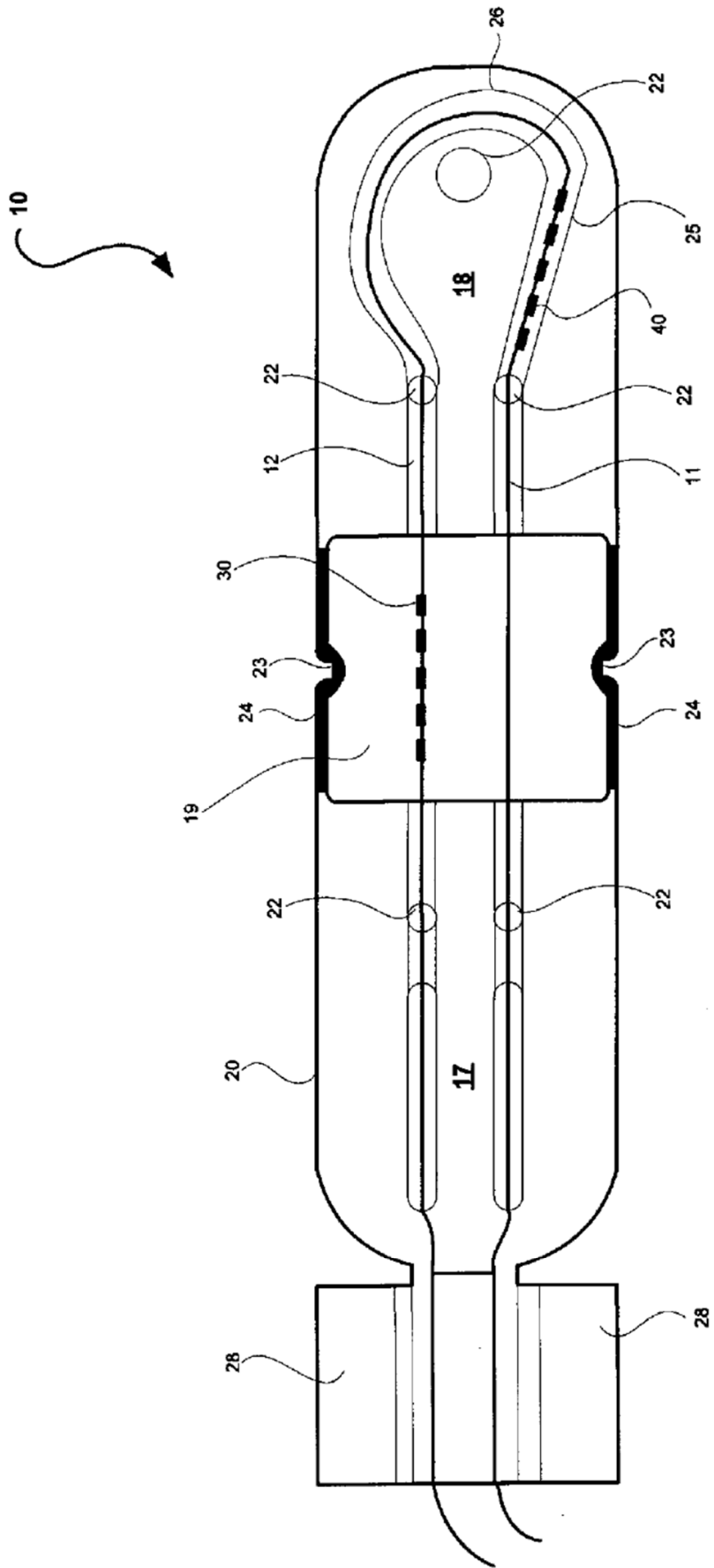


Figura 3

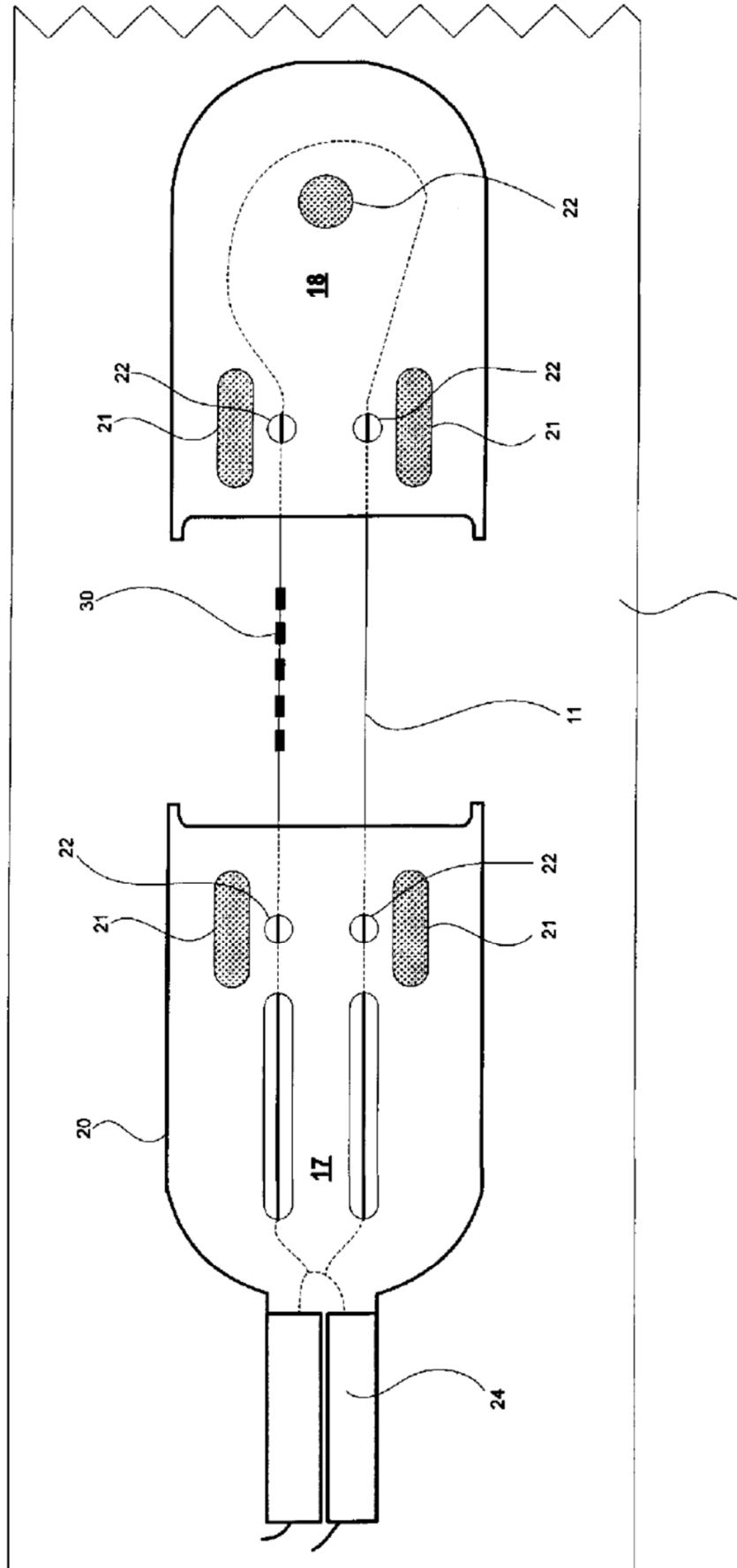


Figura 4

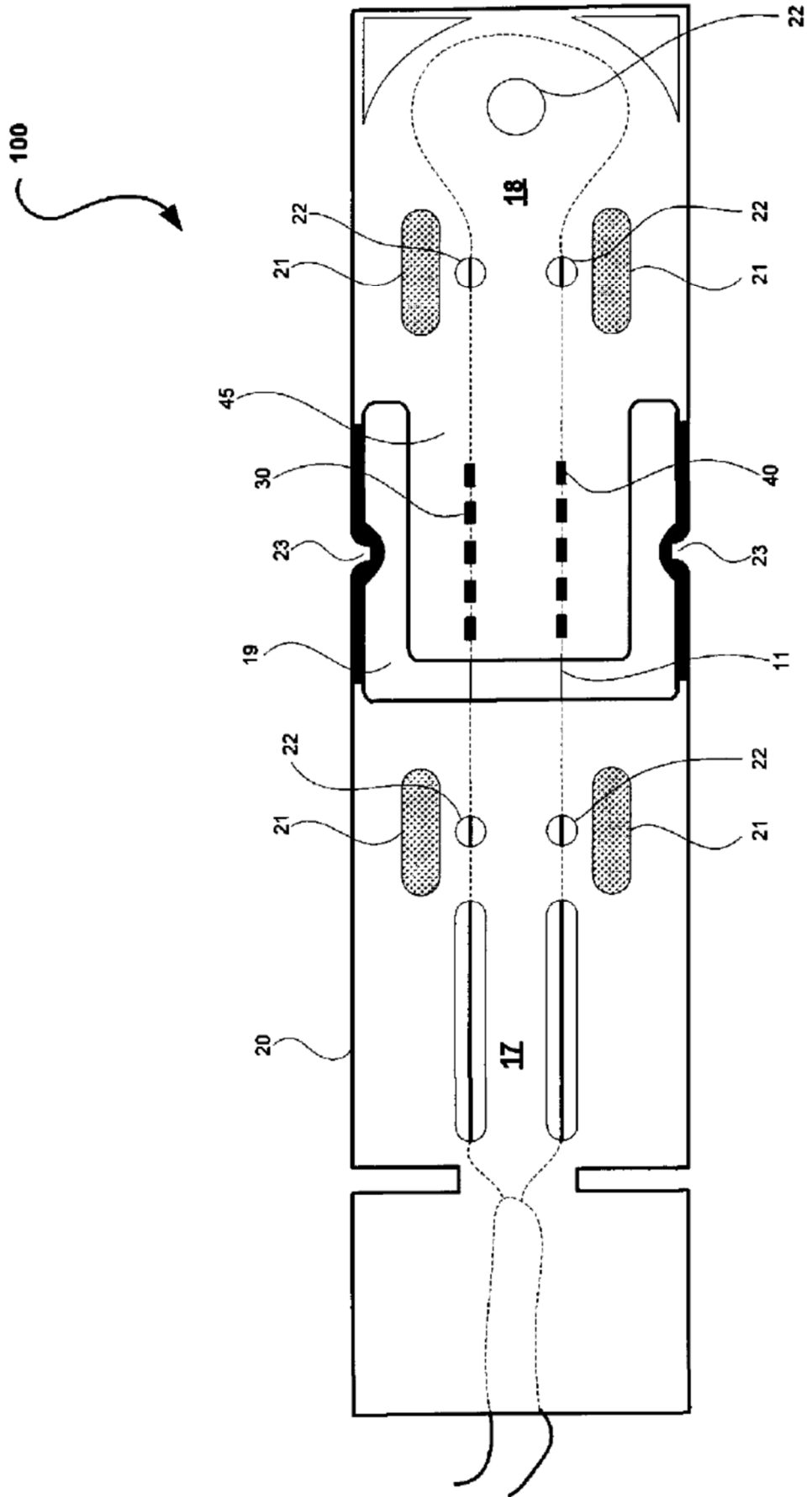


Figura 5

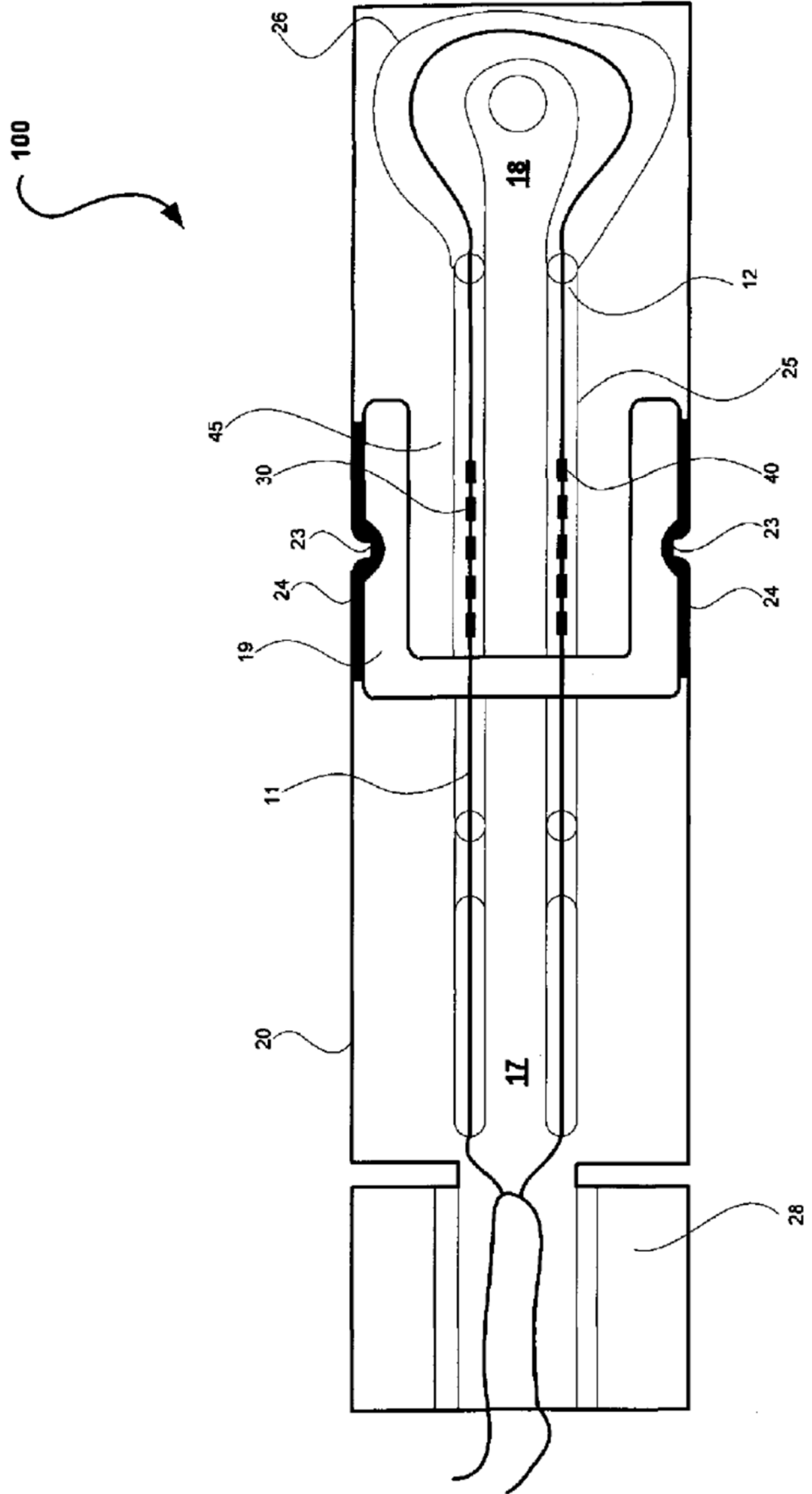


Figura 6

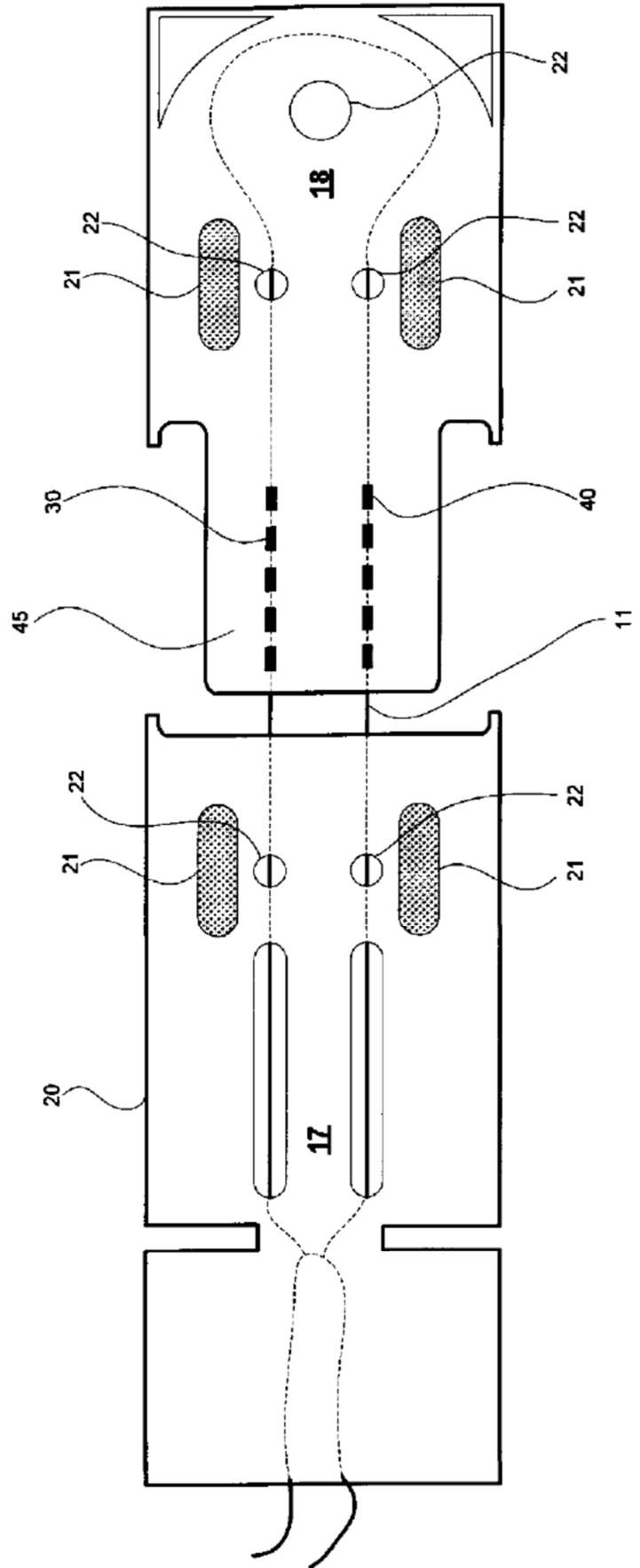


Figura 7

