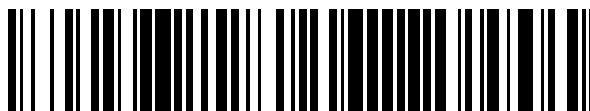


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 317**

51 Int. Cl.:

G01L 11/02 (2006.01)

G02B 6/032 (2006.01)

G01D 5/353 (2006.01)

G01B 11/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2014** **PCT/SE2014/050333**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.09.2015** **WO15142235**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2014** **E 14885889 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019** **EP 3120125**

54 Título: **Sensor de presión de fibra óptica que comprende cavidad y red dentro del núcleo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
20.07.2020

73 Titular/es:

SAAB AB (100.0%)
581 88 Linköping, SE

72 Inventor/es:

FISK, FREDRIK y
ANDERSSON, BJÖRN-ERIK

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 774 317 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 presión de fibra óptica que comprende cavidad y red dentro del núcleo

Campo técnico

- 5 La presente divulgación se refiere en general a una fibra óptica que comprende al menos una red de Bragg y un procedimiento de medición de la presión o cambio de presión mediante el uso de una fibra óptica de este tipo.

Antecedentes

- 10 Es bien conocida la medición de la temperatura y la tensión mediante el uso de una fibra óptica que comprende una o más redes de Bragg. El principio se basa en la luz con un espectro de longitud de onda conocida que se envía a través de una fibra óptica y se refleja por una o más redes de Bragg. Los procedimientos conocidos más comúnmente hacen uso de los cambios físicos que se producen en las redes tras los cambios en los parámetros físicos, tal como la temperatura o la tensión. Los cambios físicos de una red dan lugar a cambios en la reflexión de la luz por la red. La reflexión se detecta o se registra en un receptor o similares. Por lo tanto, si la red de Bragg se somete a la influencia exterior por la temperatura o la tensión, se provoca un cambio en la longitud de onda de Bragg y las reflexiones detectadas se pueden correlacionar con la temperatura o la tensión.

- 15 También es conocido el uso de fibras ópticas que comprenden una red de Bragg para la medición de la presión. Sin embargo, la diferencia en la medición de presión en comparación con la medición de la temperatura y la tensión es que la fibra como tal y su red de Bragg no se ven afectadas de manera significativa por el cambio de presión del entorno, por ejemplo, la forma geométrica de la fibra y su red de Bragg no cambian de manera significativa. Por lo tanto, las redes de Bragg de fibra convencional poseen una baja sensibilidad a la presión externa y solo son capaces de resolver las variaciones de presión en el orden de MPa. Con el fin de aumentar la sensibilidad de las redes de Bragg de fibra a la presión, se han probado esquemas de amplificación mecánica tal como recubrimientos de polímero alrededor de la circunferencia de la fibra, espaciadores de presión y diafragmas, y grabado químico que reduce el área de sección transversal de la fibra óptica.

- 20 Los ejemplos de soluciones para la medición de la presión por medio de fibras ópticas con redes de Bragg se pueden encontrar, por ejemplo, en los documentos WO 00/33046 A1, US 2008/085074 A1, US 7.336.862 B1 y US 2002/196995 A1.

- 25 En numerosas aplicaciones, las soluciones mencionadas con anterioridad pueden ser aceptables. Sin embargo, todavía hay aplicaciones en las que, por ejemplo, no es adecuado usar los componentes externos adicionales para el aumento de la sensibilidad de la fibra óptica. Además, las soluciones propuestas no siempre proporcionan suficiente sensibilidad a la presión. Por lo tanto, todavía existe una necesidad de mejorar aún más la sensibilidad de una fibra óptica a la presión para que se pueda usar en otras aplicaciones. El documento WO 98/10242 desvela diversas realizaciones de fibras ópticas en las que una realización, capaz de medir la presión, comprende un núcleo con una red de Bragg y una cubierta que comprende orificios laterales dobles que pueden contener aire u otros gases y materiales. Se afirma que la sensibilidad del sensor de presión de la fibra se puede ajustar por medio de la alteración del tamaño y la geometría de los orificios laterales en la cubierta. De este modo, en este caso, es la cubierta como tal que comprende medios para la amplificación de la presión para influir de este modo en la red de Bragg.

- 30 También es previamente conocido el uso de fibras ópticas para la medición de la presión, dichas fibras ópticas no comprenden ninguna red de Bragg, sino que usan solo dispositivos externos que influyen en la reflexión de la luz a través de la fibra. Un ejemplo de esto se desvela en el documento WO 02/0223148 A1.

- 35 El documento US 2005/0063444 A1 desvela un sensor óptico para la medición de las propiedades físicas y materiales. Un hueco de una cavidad puede variar en respuesta a cambios en los parámetros medibles.

- 40 Un área en la que existe una necesidad particular para la medición de presión es en la medición aerodinámica en modelos de túnel de viento y en las pruebas de aeronaves en las que se debe determinar la distribución de presión sobre una superficie. Hoy en día, la determinación de la distribución de presión en una superficie de este tipo a menudo se lleva a cabo por medio de la perforación de un gran número de pequeños orificios a lo largo de la trayectoria de flujo de aire en la superficie del modelo de túnel de viento o la superficie de la aeronave. Entonces, una manguera conectada al manómetro de presión se conecta a cada orificio. No solo es costoso perforar orificios suficientes en la superficie para obtener los resultados de la prueba deseados, sino que también influye en la medición.

- 45 Si en cambio la presión se puede determinar por medio de una fibra óptica dispuesta en la superficie, los costos asociados con la prueba de presión se reducen a solo una fracción de los costos actuales siendo los resultados de la prueba mucho más fiables. Sin embargo, dado que las fibras ópticas usadas hoy en día para la medición de la presión comprenden, o están conectadas a, medios adicionales para la influencia mecánica de la red de Bragg de la fibra óptica, estos medios adicionales influyen en el flujo de aire sobre la superficie y, como tales, también en los resultados de la prueba.

- 50 **Sumario**

El objeto de la presente invención es obtener una fibra óptica para la detección y la medición de pequeñas diferencias de presión con alta precisión sin el uso de dispositivos externos adicionales que impacten mecánicamente sobre la fibra.

5 El objeto se consigue por medio de una fibra óptica de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Las realizaciones se definen por las reivindicaciones dependientes.

Además, el objeto se consigue por medio de un procedimiento de medición de una presión o un cambio de presión de acuerdo con la reivindicación 13.

10 La fibra óptica de acuerdo con la presente invención comprende un núcleo y, preferentemente, una cubierta, un revestimiento o un recubrimiento que rodea dicho núcleo. El núcleo comprende al menos una red de Bragg y al menos una cavidad interna cerrada, en el que la al menos una red de Bragg está asociada con dicha cavidad.

15 La fibra óptica de acuerdo con la invención es capaz de detectar y medir pequeñas diferencias de presión con alta precisión sin el uso de dispositivos externos adicionales que impacten mecánicamente sobre la fibra. Esto se consigue por medio de la red de Bragg asociada con una cavidad interna cerrada en el núcleo de la fibra. La cavidad interna permitirá que la red cambie su forma física por medio de la diferencia de presión entre la presión dentro de la cavidad y la presión que rodea la fibra cuando cambia la presión que rodea la fibra.

La red de Bragg de manera adecuada puede formar una pared o una parte de una pared de dicha cavidad interna cerrada. De manera alternativa, o adicional, la red de Bragg puede al menos parcialmente estar separada de dicha cavidad interna cerrada por una membrana, un diafragma o similar.

20 De acuerdo con aún otra realización, la cavidad tiene una forma esencialmente oblonga. De manera adecuada, también puede ser esencialmente redondeada. De este modo, se puede asegurar que no hay diferencia de presión dentro de la cavidad que a su vez podría provocar diferencias en la forma en que la red de Bragg es influenciada por la diferencia de presión entre la cavidad interna cerrada y el entorno.

25 La cavidad se puede llenar con un gas, si se desea. Si se conoce la presión en el interior de la cavidad, puede ser posible determinar el efecto de la diferencia de presión entre la cavidad y el entorno sin tener que calibrar por ensayo y error o por estudios empíricos antes del uso real de la fibra óptica.

La cavidad interna cerrada puede estar adecuadamente dispuesta de manera concéntrica con el eje central del núcleo. De este modo, por ejemplo, se puede garantizar que influya en la red de Bragg equitativamente en la dirección radial del núcleo.

30 De acuerdo con una realización, el núcleo comprende una pluralidad de cavidades internas cerradas separadas entre sí a lo largo de la longitud longitudinal de la fibra, y en el que cada una de dichas cavidades está asociada con una red de Bragg respectiva. De este modo, la fibra óptica se puede usar para la medición de la presión en varios puntos (los puntos asociados con las cavidades internas cerradas) a lo largo de la extensión longitudinal de la misma. Esto se puede lograr, por ejemplo, por medio de la detección del retardo de tiempo entre las reflexiones de radiación efectuadas por las redes de Bragg. De manera alternativa, esto se puede lograr en el caso de que la red de Bragg asociada con una cavidad interna cerrada sea una red de Bragg capaz de reflejar la luz a una longitud de onda diferente que una red de Bragg asociada con otra cavidad interna cerrada del núcleo.

35 El núcleo además puede comprender al menos una segunda red de Bragg que no está asociada con una cavidad interna del núcleo. De este modo, también se puede detectar si la red de Bragg asociada con la cavidad interna cerrada se ve afectada por parámetros adicionales, tal como la temperatura y/o la tensión, además de la presión, dado que es posible tener otra red de Bragg esencialmente no influenciada por la presión sino solo por otros parámetros. De este modo, se puede obtener una mayor fiabilidad de los resultados de la prueba durante la medición de presión. Además, la fibra óptica se puede usar para múltiples pruebas al mismo tiempo.

40 De acuerdo con una realización, el núcleo comprende dos redes de Bragg asociadas con la misma cavidad interna cerrada del núcleo. Las dos redes de Bragg pueden comprender una red de Bragg que es capaz de reflejar la luz de una longitud de onda diferente que la otra red de Bragg de dichas dos redes de Bragg. De este modo, es posible obtener dos mediciones separadas de la misma presión o con diferencia de presión, lo que aumenta la fiabilidad de los resultados de la prueba.

45 El revestimiento o la cubierta también puede comprender al menos una, preferentemente al menos tres cavidades longitudinales igualmente separadas alrededor del núcleo. Tales cavidades del revestimiento o la cubierta pueden amplificar en forma adicional la presión del entorno y, por lo tanto, aumentar la sensibilidad a la presión de la fibra óptica.

50 La presente divulgación también se refiere a un procedimiento para la medición de una presión o un cambio de presión que comprende proporcionar una fibra óptica como se describió con anterioridad, que emite radiación de un intervalo de longitud de onda conocido a través de dicha fibra óptica, el registro de las longitudes de onda de la radiación transmitida y/o la radiación reflejada a través de dicha fibra, y en respuesta a las longitudes de onda registradas de la

55

radiación transmitida y/o reflejada, la determinación de una presión o un cambio de presión en el exterior de la fibra óptica, es decir, la atmósfera circundante. El procedimiento puede ser, preferentemente, un procedimiento de medición de presión o un cambio de presión sobre una superficie y en el que la fibra óptica se proporciona en, cerca de, o al menos parcialmente incrustada en dicha superficie.

- 5 La presente divulgación se refiere además a un procedimiento para la determinación de una distribución de presión sobre una superficie sometida a un flujo de un medio, tal como un flujo de aire, que comprende proporcionar al menos una fibra óptica como se describió con anterioridad en, cerca de o parcialmente incrustada en dicha superficie, la emisión de luz de un intervalo de longitud de onda conocida a través de dicha fibra óptica, el registro de las longitudes de onda de la radiación transmitida y/o la radiación reflejada a través de dicha fibra, y en respuesta a las longitudes de onda registradas de la radiación transmitida y/o reflejada, la determinación de una presión o un cambio de presión en el exterior de la fibra óptica, obteniendo de este modo una medición de la presión o la diferencia de presión sobre la superficie sometida a un flujo de un medio. Un procedimiento de este tipo puede ser, por ejemplo, un procedimiento de obtención de una distribución de presión sobre una superficie de un modelo de túnel de viento o de una aeronave sometida al flujo de aire.
- 10
- 15 Por otra parte, la presente divulgación se refiere al uso de la fibra óptica como se describió previamente para la medición de la presión o de un cambio de presión.

Breve descripción de los dibujos

- La Fig. 1 ilustra de manera esquemática una vista en perspectiva de una fibra óptica.
- La Fig. 2 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de una realización de una fibra óptica de acuerdo con la invención.
- 20 La Fig. 3 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de otra realización de una fibra óptica de acuerdo con la invención.
- La Fig. 4 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de un ejemplo de una fibra óptica que no está cubierta por las reivindicaciones.
- 25 La Fig. 5 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de un ejemplo de una fibra óptica que no está cubierta por las reivindicaciones.
- La Fig. 6 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de un ejemplo de una fibra óptica que no está cubierta por las reivindicaciones.
- 30 La Fig. 7 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de un ejemplo de una fibra óptica que no está cubierta por las reivindicaciones.
- La Fig. 8 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de aún otra realización de una fibra óptica de acuerdo con la invención.
- La Fig. 9 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de aún otra realización de una fibra óptica de acuerdo con la invención.
- 35 La Fig. 10 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de aún otra realización de una fibra óptica de acuerdo con la invención.
- La Fig. 11 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de aún otra realización de una fibra óptica de acuerdo con la invención.
- 40 La Fig. 12 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de aún otra realización de una fibra óptica de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

- A continuación, la invención se describirá en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Los dibujos no deben considerarse representados a escala ya que algunas características pueden estar exageradas con el fin de ilustrar más claramente la invención. Además, no se considera que la invención se limite a las realizaciones descritas a continuación y mostradas en las figuras, sino que puede variar dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.
- 45

- De acuerdo con la presente invención, la fibra óptica comprende un núcleo que comprende al menos una red de Bragg y una cavidad interna cerrada asociada con dicha red de Bragg. La característica de la cavidad interna cerrada que está asociada con la red de Bragg, de manera alternativa, se puede describir como la red de Bragg que está asociada con la cavidad interna cerrada. En este contexto, "asociada con" significa que la cavidad interna cerrada está adaptada para y/o es capaz de influir en las propiedades de la red de Bragg, tal como la forma geométrica de la red de Bragg, por la introducción de una posibilidad de expansión o compresión de la red de Bragg, de este modo provocando un
- 50

cambio en la longitud de onda reflejada por la red cuando la red de Bragg se somete a la radiación. Por lo tanto, el término “asociada con” abarca, pero no se limita a, la realización específica de la red de Bragg que forma una pared o similar de la cavidad interna. De este modo, de acuerdo con la presente invención, la cavidad está como tal dispuesta en contacto directo con, o al menos cerca de, dicha red de Bragg.

5 Por la disposición de una cavidad cerrada dentro del núcleo de la fibra, un cambio de presión ejercida por la atmósfera circundante sobre la fibra óptica da lugar a una diferencia de presión entre la cavidad cerrada del núcleo y la atmósfera circundante fuera de la fibra óptica. Esta diferencia de presión influye en la red de Bragg que está asociada con la cavidad interna cerrada del núcleo, por medio de la que las propiedades físicas de la red de Bragg están influenciadas de forma que haya un cambio de la longitud de onda reflejada por la red de Bragg cuando a la radiación, tal como la
10 luz, se le permita desplazarse dentro de la fibra. Por lo tanto, el cambio en la longitud de onda reflejada de la red de Bragg se puede correlacionar con el cambio de presión del entorno de la misma manera que en la medición de la temperatura o la tensión.

Por propósitos claridad, se debe considerar que un núcleo en la presente divulgación significa el componente de la fibra óptica a través del que se pretende que se le permita desplazarse a la radiación. De manera más específica, se
15 debe considerar en el sentido del componente de la fibra óptica que tiene el índice de refracción más alto.

Además, se considera que el término “cavidad interna cerrada” significa que la cavidad está dispuesta en el interior del núcleo y encerrada por completo por el núcleo (que incluye la red de Bragg) de la fibra óptica. Por lo tanto, la cavidad como tal, no está en contacto con ninguna cubierta, recubrimiento o revestimiento.

La Figura 1 ilustra de manera esquemática una vista en perspectiva de una fibra óptica 1 en general. La fibra óptica 1
20 comprende un núcleo 2 rodeado por un revestimiento, una cubierta o un recubrimiento 3. El revestimiento, la cubierta o el recubrimiento actúa como una protección del núcleo contra el entorno y, además, asegura que la luz que se desplaza en la fibra se refleje en el interior del núcleo. Por lo tanto, el revestimiento, la cubierta o el recubrimiento debe estar fabricados con un material con un índice de reflexión menor que el índice de reflexión del material del núcleo. La fibra óptica también puede comprender capas adicionales en el lado exterior del revestimiento, la cubierta o el
25 recubrimiento 3 si se desea, tal como una capa protectora exterior con el fin de proteger el revestimiento, la cubierta o el recubrimiento contra, por ejemplo, la humedad.

El núcleo de la fibra óptica preferentemente está dispuesto en forma concéntrica con el eje central de la fibra. También es plausible contar con una pluralidad de núcleos dispuestos esencialmente en forma paralela dentro de la fibra óptica, si se desea. En tal caso, no se requiere que un núcleo esté necesariamente dispuesto en forma concéntrica con el eje
30 central de la fibra.

La Figura 2 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de una realización de la fibra óptica de acuerdo con la presente invención. En la figura, el revestimiento, la cubierta o el recubrimiento se ha omitido. El núcleo 2 comprende una red de Bragg 4 que rodea por completo una cavidad interna cerrada 5 dispuesta en el núcleo 2. De este modo, la red de Bragg está asociada con la cavidad interna cerrada 5. Cuando cambia la presión en el exterior de la fibra óptica, es decir, la presión del entorno, se produce un cambio correspondiente de la diferencia de presión entre la cavidad interna cerrada 5 y el ambiente exterior de la fibra óptica. Esta diferencia de presión entre la cavidad y el ambiente circundante afecta a la red de Bragg y provoca un cambio de longitud de onda reflejada por la red de Bragg. El cambio de la reflexión se puede detectar y registrar, y correlacionar con la presión del entorno. De este modo, es posible medir la presión ejercida sobre la fibra óptica desde el entorno. Dado que la cavidad cerrada está
40 asociada directamente con la red de Bragg, es posible obtener una sensibilidad muy alta a la presión externa, y los dispositivos externos para la amplificación de la presión ejercida a la fibra se pueden omitir con facilidad.

La Figura 3 ilustra de manera esquemática una vista en sección transversal de una realización alternativa de la fibra óptica de acuerdo con la invención. En esta realización, la red de Bragg está en contacto directo con la cavidad interna cerrada y forma una pared de la cavidad interna cerrada. De manera más específica, la red de Bragg forma una pared
45 que se extiende axialmente de la cavidad interna cerrada. Sin embargo, no rodea por completo la cavidad interna cerrada. La red de Bragg tiene una extensión longitudinal en la dirección axial del núcleo, que es al menos tan extensa como la extensión longitudinal de la cavidad interna cerrada. A pesar de que la Figura 3 ilustra una realización en la que la red de Bragg se extiende solo parcialmente alrededor de la circunferencia de la cavidad interna cerrada, también es plausible disponer la red de Bragg de manera tal que rodee por completo la cavidad interna cerrada en la dirección circunferencial pero con las dos superficies de extremo longitudinal 6, 7 de la cavidad interna cerrada, es decir, las superficies de extremo axial de la cavidad interna cerrada, no esencialmente en contacto con la red de Bragg.

De acuerdo con un ejemplo que no está cubierto por las reivindicaciones, la red de Bragg tiene una extensión longitudinal en la extensión axial del núcleo que es menor que la extensión longitudinal de la cavidad interna cerrada, como se muestra en la Figura 4.

55 La Figura 5 ilustra de manera esquemática un ejemplo que no está cubierto por las reivindicaciones en el que la red de Bragg está en contacto directo con y forma una pared de la cavidad interna cerrada 5 dispuesta en el núcleo 2. De acuerdo con este ejemplo, la red de Bragg no está dispuesta a lo largo de la extensión longitudinal de la red de Bragg, sino que está dispuesta en una de las superficies de extremo longitudinal de la cavidad interna cerrada.

De acuerdo con otro ejemplo que no está cubierto por las reivindicaciones, puede haber una primera red de Bragg 4 dispuesta en una primera de las superficies de extremo longitudinal de la cavidad interna cerrada y una segunda red de Bragg 4' dispuesta en la segunda superficie de extremo longitudinal de la cavidad interna cerrada 5, como se muestra en la Figura 6. Las primeras y segundas redes de Bragg 4, 4' en tal caso pueden constituir redes de Bragg que reflejan las mismas longitudes de onda. Dependiendo del tamaño de la extensión longitudinal de la cavidad interna cerrada, esto puede permitir el suministro de información con respecto a una diferencia de presión potencial entre las dos superficies de extremo longitudinal de la cavidad interna cerrada. En el caso de que la extensión longitudinal de la cavidad interna cerrada es pequeña, la diferencia de tiempo entre las reflexiones es insignificante. Sin embargo, si se halla que las redes de Bragg reflejan una longitud de onda diferente, la información de que hay un error en la medición se puede lograr dado que deben reflejar esencialmente la misma longitud de onda ya que se someten a la misma diferencia de presión entre la cavidad interna cerrada y el ambiente circundante fuera de la fibra. De manera alternativa, las dos redes de Bragg 4, 4' pueden constituir redes de Bragg que reflejan diferentes longitudes de onda. De este modo, es posible obtener una mejor seguridad de medición, dado que proporcionan datos de dos mediciones para la misma cavidad interna cerrada 5. De este modo, es posible adaptar la fibra óptica a los requisitos necesarios para el uso previsto de la fibra óptica, por ejemplo, si se requiere una mayor seguridad en las mediciones.

Otro ejemplo que no está cubierto por las reivindicaciones se muestra en la Figura 7. En este caso, la red de Bragg no está en contacto directo con la cavidad interna cerrada, sino que todavía está asociada con la misma. Esto se consigue por medio de la disposición de una membrana, un diafragma o similar 8 entre la red de Bragg 4 y la cavidad interna cerrada 5. Dicha membrana, diafragma o similar puede servir el propósito de aumentar o disminuir el cambio físico de la red de Bragg que surge como resultado de la diferencia de presión entre la cavidad interna cerrada del núcleo y el ambiente circundante de la fibra óptica. A pesar de que la figura ilustra un ejemplo en el que la red de Bragg está dispuesta solo en una superficie de extremo longitudinal de la cavidad interna cerrada, también puede estar dispuesta en ambas superficies de extremo longitudinal (como se muestra en la Figura 6) o alrededor de una parte o la totalidad de la circunferencia de la cavidad interna cerrada (como se muestra, por ejemplo, en las Figuras 3 y 4), o de forma que rodee por completo la cavidad interna cerrada (como se muestra en la Figura 2), a condición de que haya una membrana, un diafragma o similar entre la cavidad interna cerrada y las redes de Bragg. Sin embargo, es importante que la membrana, el diafragma o similar 8 se seleccione de forma que no influya de manera significativa en el recorrido de radiación a través del núcleo de la fibra óptica.

La Figura 8 ilustra otra posible realización de la fibra óptica. En esta realización, la cavidad interna cerrada 5 está asociada con dos redes de Bragg 4, 9 diferentes, cada una formando una parte de la pared de la cavidad interna cerrada. La cavidad interna cerrada 5 de este modo está encerrada por completo por las redes de Bragg. Esta realización tiene la ventaja de permitir dos mediciones para cada cavidad, dado que las dos redes de Bragg se someten a la misma diferencia de presión, pero de manera adecuada se puede adaptar para reflejar diferentes longitudes de onda. Por lo tanto, esta realización proporciona una mayor seguridad de la medición de la presión o diferencia de presión.

La fibra óptica puede, por ejemplo, proporcionarse con la cavidad interna cerrada por medio de la quema de una cavidad en el núcleo de la fibra óptica. De manera alternativa, se puede producir en una o dos superficies de extremo axial de secciones de núcleo que después se unen entre sí por medio de procedimientos convencionales, tal como para la formación en conjunto del núcleo de la fibra óptica.

La Figura 9 muestra una realización en la que dos secciones de núcleo separadas 2a, 2b, cada una teniendo una cavidad en una superficie de extremo axial, se unen de manera que se forme una cavidad interna cerrada 5. La línea A ilustra la interfaz de las secciones de núcleo 2a y 2b antes de la unión. La red de Bragg se inscribe preferentemente después de que las secciones de núcleo se han ensamblado.

También es posible disponer la cavidad solo en una de las secciones de núcleo en la que una superficie de extremo axial de la otra sección de núcleo, después de la unión, forma una parte de una pared de la cavidad interna cerrada como se muestra en la Figura 10. La Figura 10 también muestra una realización en la que dos redes de Bragg diferentes están asociadas con la misma cavidad interna cerrada de la misma manera que se describe con referencia a la Figura 8. Sin embargo, es posible disponer las redes de Bragg de la misma manera que se describe en cualquiera de las Figuras 2-7, también en dicha realización en la que la fibra se ha producido por medio del ensamblaje y la unión de una sección de núcleo que tiene una cavidad abierta dispuesta en una superficie de extremo axial y una sección de núcleo que no tiene una cavidad en la superficie de extremo axial de la misma.

De acuerdo con una realización, la fibra óptica puede comprender una pluralidad de cavidades internas cerradas dispuestas en el núcleo y a lo largo de la extensión axial del núcleo. Cada una de las cavidades de manera adecuada puede estar asociada con una red de Bragg. Las redes de Bragg de cada cavidad interna cerrada preferentemente son una red de Bragg que es capaz de reflejar longitudes de onda diferentes que una red de Bragg de otra cavidad interna cerrada. Esta realización con una pluralidad de cavidades internas cerradas tiene la ventaja de que es posible obtener varios puntos de mediciones diferentes a lo largo de la extensión de la fibra óptica, de este modo proporcionando una pluralidad de mediciones de presión. Esta realización es especialmente adecuada cuando se desea obtener información con respecto a una distribución de presión sobre, por ejemplo, una superficie dado que la fibra óptica puede estar dispuesta sobre dicha superficie, por ejemplo, en un patrón serpenteante sobre la superficie o por la disposición de una pluralidad de fibras ópticas esencialmente paralelas de acuerdo con la invención para

proporcionar una red de puntos de medición.

Un ejemplo de una fibra óptica que comprende una pluralidad de cavidades internas cerradas en el núcleo 2 se muestra en la Figura 11. En la figura, se muestran tres cavidades internas cerradas diferentes 5. Cada una de las cavidades está asociada con una red de Bragg 4, 10, 11 respectiva. A pesar de que la figura ilustra una realización en la que cada una de las redes de Bragg encierra su respectiva cavidad interna cerrada, es posible disponer cada una de las redes de Bragg en cualquiera de las maneras que se describen con respecto a las Figuras 2-10. De acuerdo con una realización preferida, cada cavidad está asociada con una red de Bragg 4, 10, 11 que es capaz de reflejar una longitud de onda diferente de una red de Bragg vecina. Es plausible que cada una de las redes de Bragg sea capaz de reflejar una longitud de onda diferente de las otras redes de Bragg de la fibra óptica. Sin embargo, también es posible contar con dos o más redes de Bragg capaces de reflejar la misma longitud de onda, pero asociadas con diferentes cavidades internas cerradas a condición de que estén lo suficientemente separadas entre sí como para que se pueda determinar una lectura específica en base al retardo de la respuesta.

De acuerdo con una realización, la fibra óptica puede comprender al menos una red de Bragg que está asociada con una cavidad y una segunda red de Bragg que no está asociada con una red de Bragg. De este modo, también es posible obtener datos con relación a la temperatura o la tensión a la que se somete la fibra con el fin de determinar si la red de Bragg asociada con la cavidad está influenciada no solo por el cambio de presión, sino también por la temperatura o la tensión. De esta manera, se pueden obtener resultados más fiables. Preferentemente, una red de Bragg de este tipo no asociada con una cavidad interna cerrada debe estar dispuesta lo suficientemente cerca de una red de Bragg que está asociada con una cavidad interna cerrada para ser capaz de proporcionar una estimación lo suficientemente cercana respecto a la temperatura a la que se somete la red de Bragg asociada con una cavidad interna cerrada.

La Figura 12 ilustra un ejemplo de una fibra óptica. El núcleo comprende una pluralidad de redes de Bragg 4, 11, 12. Algunas de las redes de Bragg 4 y 11 están asociadas con cavidades internas y por lo tanto están adaptadas para dar información con respecto a la presión o la diferencia de presión. Sin embargo, al menos una de las redes de Bragg es una red de Bragg 12 no asociada con una cavidad interna. De este modo, la red de Bragg 12 está adaptada para proporcionar información con respecto a la temperatura o la tensión a la que se somete la fibra y que también puede influir en las redes de Bragg asociadas con una cavidad interna cerrada.

La fibra óptica que tiene un núcleo que comprende una red de Bragg asociada con una cavidad interna cerrada del núcleo como se describe en cualquiera de las realizaciones desveladas con anterioridad es especialmente adecuada para la medición de pequeñas diferencias de presión con alta precisión. Por lo tanto, es muy adecuada para el uso de la medición de diferencias de presión en varias aplicaciones, y especialmente sobre superficies.

Una aplicación en particular adecuada se encuentra en la medición de distribuciones de presión en las superficies sometidas al flujo de aire, tal como superficies de los modelos de túnel de viento o aeronaves durante el vuelo.

Por la disposición de la fibra óptica de acuerdo con la invención en la superficie de una superficie de este tipo adaptada para ser sometida a un flujo de aire, es posible obtener una medición sobre la superficie a un costo mucho menor que, por ejemplo, el procedimiento convencional que comprende la perforación de un gran número de orificios en la superficie del modelo de túnel de viento. Además, dado que el diámetro de la fibra óptica es pequeño, esencialmente no influye en el resultado de la medición y, por lo tanto, se pueden obtener resultados mucho más fiables por medio de la fibra óptica. Además, es posible contar con muchos más puntos de medición dispuestos en la superficie dado que la fibra puede comprender con facilidad un gran número de cavidades internas cerradas asociadas con una red de Bragg respectiva.

La fibra óptica de acuerdo con la presente invención puede estar dispuesta sobre o al menos parcialmente incrustada en la superficie sobre la que la presión o la distribución de presión se debe determinar de acuerdo con las técnicas conocidas con anterioridad en el campo, por ejemplo, en la medición de la tensión o de la temperatura sobre una superficie. Por ejemplo, puede estar unida a la superficie por medio de un adhesivo adecuado. Tales técnicas son fácilmente evidentes para el experto en la técnica de los sensores de fibra óptica, y, por lo tanto, no se discuten en la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Fibra óptica (1) que comprende un núcleo (2) y, de manera opcional, una cubierta (3), revestimiento o recubrimiento que rodea dicho núcleo, comprendiendo el núcleo (2) al menos una red de Bragg (4) y al menos una cavidad interna cerrada (5), **caracterizada porque** dicha al menos una red de Bragg (4) está asociada con dicha cavidad de forma que la cavidad interna permita a la red cambiar su forma física por medio de una diferencia de presión entre la presión dentro de la cavidad y la presión que rodea la fibra cuando la presión que rodea la fibra cambia, en la que la red de Bragg (4) rodea por completo la cavidad (5) o en la que la red de Bragg (4) tiene una extensión longitudinal en la dirección longitudinal del núcleo (2) al menos a lo largo de la totalidad de la extensión longitudinal de la cavidad interna cerrada (5).
2. Fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la red de Bragg (4) forma una pared o una parte de una pared de dicha cavidad interna cerrada (5).
3. Fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la red de Bragg (4) está separada de dicha cavidad interna cerrada (5) por una membrana (6), un diafragma o similar.
4. Fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cavidad interna cerrada (5) tiene una forma esencialmente oblonga.
5. Fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cavidad interna cerrada (5) está llena con un gas.
6. Fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha cavidad interna cerrada (5) está esencialmente dispuesta concéntricamente con el eje central del núcleo (2).
7. Fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el núcleo (2) comprende una pluralidad de cavidades internas cerradas (5) separadas entre sí a lo largo de la longitud longitudinal de la fibra, y en la que cada una de dichas cavidades está asociada con una red de Bragg respectiva.
8. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 7, en la que la red de Bragg (4) asociada con una cavidad interna cerrada es una red de Bragg capaz de reflejar la luz a una longitud de onda diferente que una red de Bragg asociada con otra cavidad interna cerrada del núcleo.
9. Fibra óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el núcleo además comprende al menos una segunda red de Bragg que no está asociada con una cavidad interna del núcleo de forma que sea posible obtener datos con relación a la temperatura o la tensión a la que se somete la fibra con el fin de determinar si la red de Bragg asociada con la cavidad está influenciada no solo por el cambio de presión, sino también por la temperatura o la tensión.
10. Fibra óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el núcleo comprende dos redes de Bragg asociadas con la misma cavidad interna cerrada del núcleo.
11. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 10, en la que dichas dos redes de Bragg comprenden una red de Bragg que es capaz de reflejar la luz de una longitud de onda diferente que la otra red de Bragg de dichas dos redes de Bragg.
12. Fibra óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un revestimiento que tiene al menos una cavidad longitudinal, preferentemente al menos tres cavidades longitudinales.
13. Procedimiento de medición de una presión o un cambio de presión que comprende proporcionar una fibra óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, la emisión de radiación de un intervalo de longitud de onda conocida a través de dicha fibra óptica, el registro de las longitudes de onda de la radiación transmitida y/o la radiación reflejada a través de dicha fibra, y en respuesta a las longitudes de onda registradas de la radiación transmitida y/o reflejada, la determinación de una presión o un cambio de presión en el exterior de la fibra óptica.
14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el procedimiento es un procedimiento de medición de una presión o un cambio de presión sobre una superficie y en el que la fibra óptica se proporciona en, cerca de, o al menos parcialmente incrustada en dicha superficie.
15. Procedimiento de determinación de una distribución de presión sobre una superficie sometida a un flujo de un medio, tal como un flujo de aire, que comprende proporcionar al menos una fibra óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 en, cerca de o parcialmente incrustada en dicha superficie, la emisión de luz de un intervalo de longitud de onda conocida a través de dicha fibra óptica, el registro de las longitudes de onda de la radiación transmitida y/o la radiación reflejada a través de dicha fibra, y en respuesta a las longitudes de onda registradas de la radiación transmitida y/o reflejada, la determinación de una presión o un cambio de presión en el exterior de la fibra óptica obteniendo de este modo una medición de la presión o la diferencia de presión sobre la superficie sometida a un flujo de un medio.

- 16.** Uso de la fibra óptica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 para la medición de la presión.

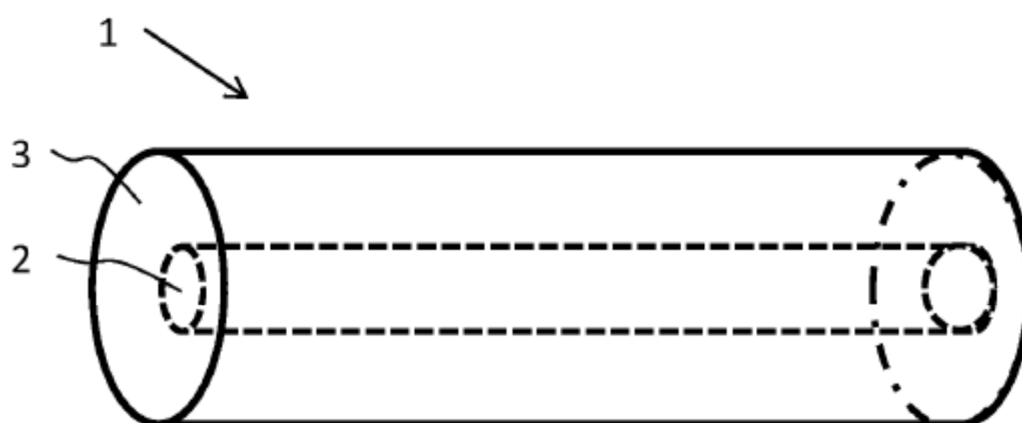


Fig. 1

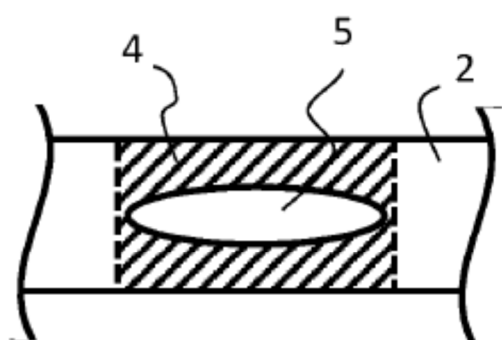


Fig. 2

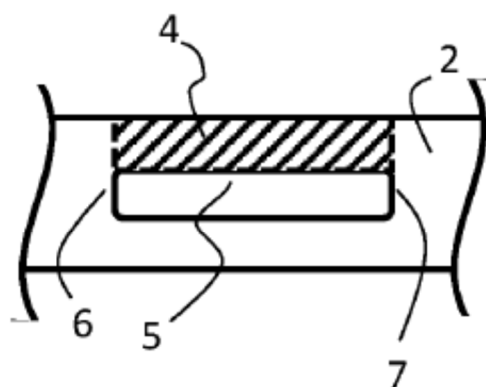


Fig. 3

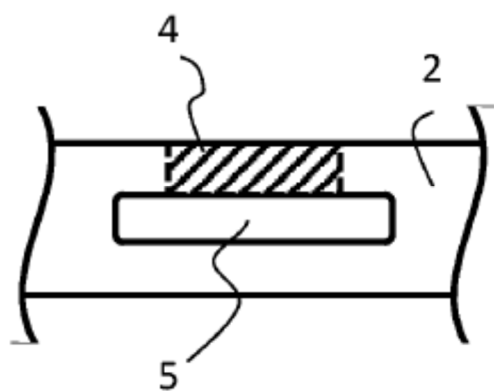


Fig. 4

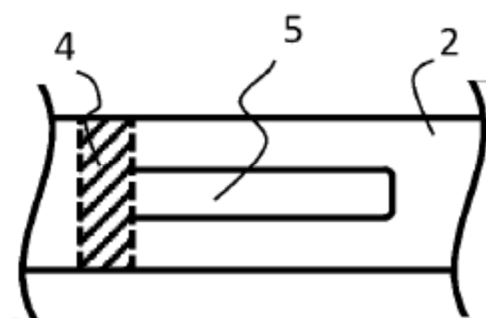


Fig. 5

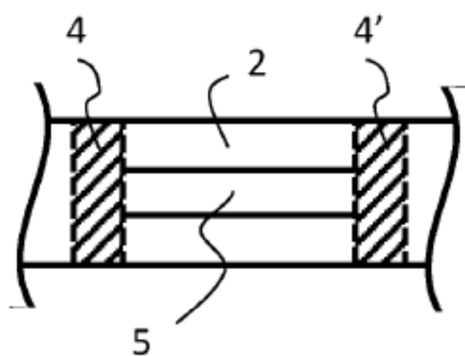


Fig. 6

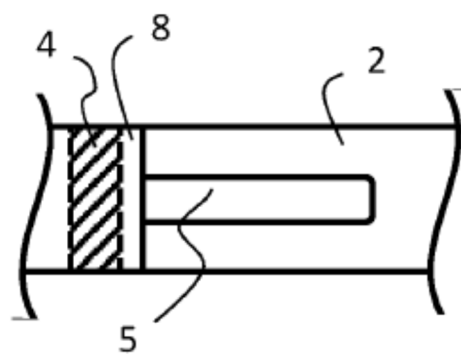


Fig. 7

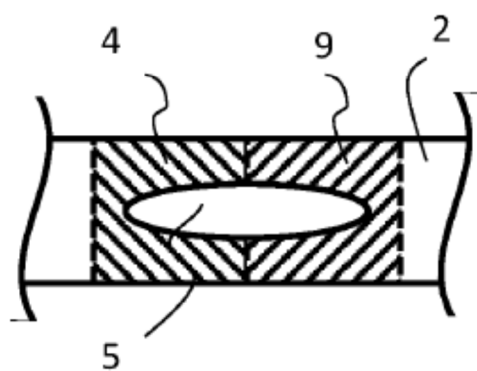


Fig. 8

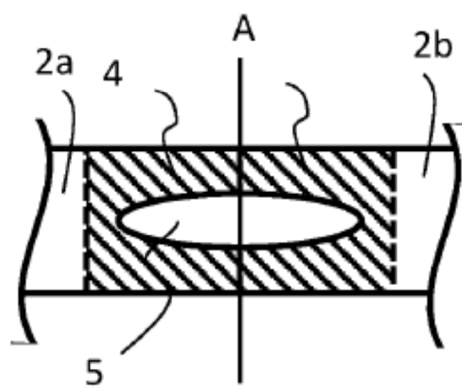


Fig. 9

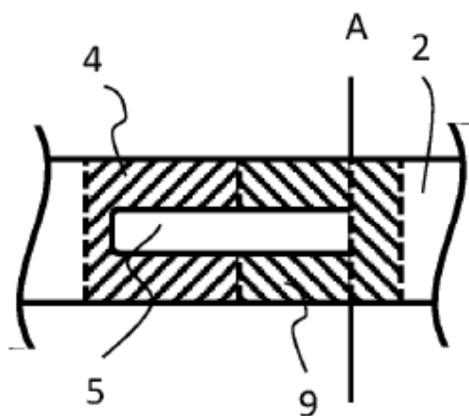


Fig. 10

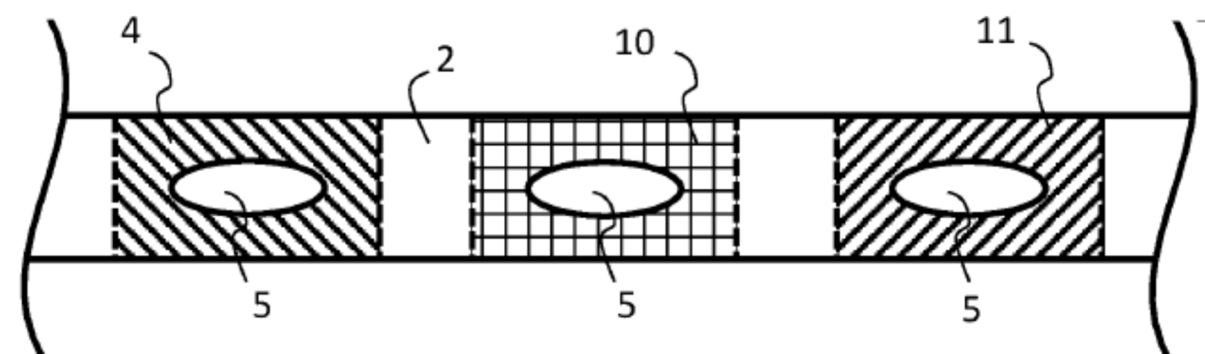


Fig. 11

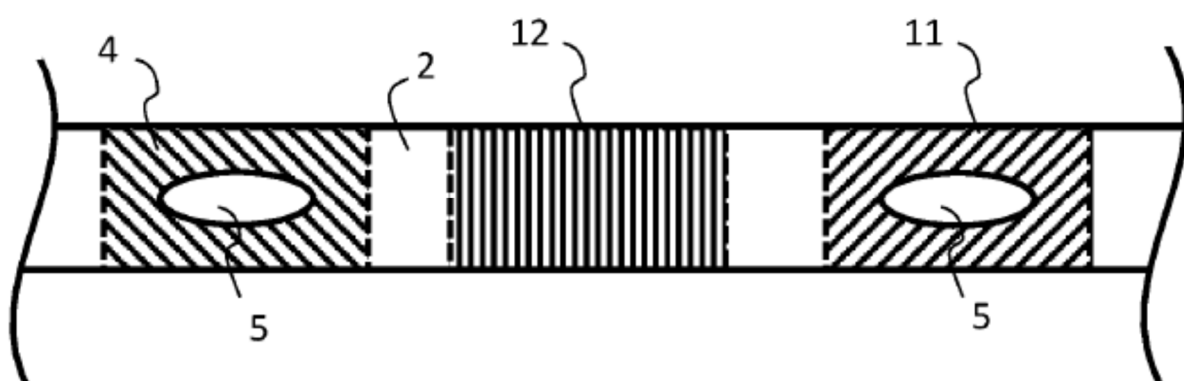


Fig. 12