

OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 329 752**

⑫ Número de solicitud: 200801728

⑮ Int. Cl.:

**G01B 11/16** (2006.01)

**G01L 1/24** (2006.01)

**G01K 11/32** (2006.01)

**G01D 5/353** (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **29.05.2008**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **30.11.2009**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**30.11.2009**

⑰ Solicitante/s: **Universidad Politécnica de Valencia  
CTT-Edif. 6G - Camino de Vera, s/n  
46022 Valencia, ES**

⑱ Inventor/es: **Adam Martínez, José Miguel;  
Barrera Vilar, David;  
Calderón García, Pedro Antonio;  
Capmany Franco, José;  
García Olcina, Raimundo;  
Gasch Molina, María Isabel;  
Giménez Carbó, Ester;  
Ivorra Chorro, Salvador;  
Payá Zaforteza, Ignacio Javier y  
Sales Maicas, Salvador**

⑳ Agente: **No consta**

㉑ Título: **Sensor óptico para la monitorización de estructuras.**

㉒ Resumen:

Sensor óptico para la monitorización de estructuras. Sensor óptico para la monitorización de estructuras basado en una red de difracción de Bragg para la medida de una característica física de las mismas que comprende un elemento portador (11) de la fibra óptica (13) que sirve para fijar el sensor a la superficie de dicho elemento estructural, en el que dicho elemento portador (11) es un laminado de un material plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio y la fibra óptica (13) está embebida en dicho elemento portador (11) en una disposición asimétrica respecto de su plano medio de manera que quede situada en una posición más próxima a la cara destinada a fijarse en la superficie del elemento estructural que a la cara opuesta. La invención también se refiere a un procedimiento para la fabricación de dicho sensor óptico.

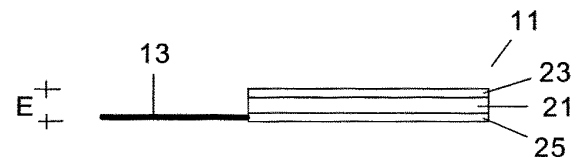


FIG. 1c

ES 2 329 752 A1

## DESCRIPCIÓN

Sensor óptico para la monitorización de estructuras.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sensor óptico para la medición de deformaciones mecánicas y/o temperaturas en las superficies de elementos estructurales y, más en particular, al elemento portador del sensor que es necesario para fijarlo a dichas superficies.

10 **Antecedentes de la invención**

Las redes de difracción de Bragg (en adelante FBG, iniciales de la expresión inglesa "Fiber Bragg Grating") son dispositivos ópticos fabricados en el núcleo de una fibra óptica mediante la exposición de ésta a un patrón de interferencia óptica de luz ultravioleta. Estos dispositivos son sensibles a deformaciones mecánicas y a la temperatura lo que los convierte en dispositivos ideales para la medida de sus magnitudes.

Por las propiedades de la fibra óptica, los sensores ópticos resultan especialmente vulnerables a golpes y otros incidentes durante su manipulación y su fijación sobre el elemento cuya deformación y/o temperatura se pretende medir suele presentar problemas de diversa índole. Por ello, resulta conveniente proveer al sensor de elementos portadores que protejan la fibra óptica y faciliten su manipulación y fijación.

Son conocidos sensores ópticos con diversos tipos de elementos portadores como, por ejemplo, los descritos en las patentes EP 1 635 034 A1, GB 2 404 018 A y EP 1 816 432 A1.

Los sensores conocidos tienen el inconveniente de que ó bien el coeficiente de sensibilidad de la FBG disminuye notablemente al embeberla en el elemento portador, ó bien utilizan elementos portadores costosos y difíciles de fabricar, dos inconvenientes relevantes para los sensores ópticos dirigidos a la monitorización de elementos estructurales.

La presente invención está orientada a la solución de esos inconvenientes.

30 **Sumario de la invención**

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sensor óptico que permita medir de forma sencilla fiable y robusta las deformaciones y/o la temperatura en la superficie de un elemento estructural de hormigón, acero ú otros materiales.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sensor óptico para medir las deformaciones y/o la temperatura en el superficie de un elemento estructural de hormigón ú otros materiales con un alto coeficiente de sensibilidad en relación a dichas magnitudes.

Otro objeto de la presente invención es proporcionar un sensor óptico para medir las deformaciones y/o la temperatura en el superficie de un elemento estructural de hormigón ú otros materiales de bajo coste y fácil fabricación.

En un primer aspecto, esos y otros objetos se consiguen con un sensor óptico basado en una red de difracción de Bragg para la medida de una característica física de un elemento estructural que comprende un elemento portador de la fibra óptica que sirve para fijar el sensor a la superficie de dicho elemento estructural, en el que:

- Dicho elemento portador es un laminado de un material plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio;

- La fibra óptica está embebida en dicho elemento portador en una disposición asimétrica respecto de su plano medio de manera que quede situada en una posición más próxima a la cara destinada a fijarse en la superficie del elemento estructural que a la cara opuesta.

En una realización preferente, dicho laminado comprende una capa de fibra de vidrio dispuesta entre dos capas de material plástico y la fibra óptica queda embebida en una de esas capas. Se consigue con ello un elemento portador de bajo coste y fácil fabricación.

En otra realización preferente, la longitud mínima L de dicho elemento portador es de 2,5 cm, la anchura mínima A es de 5 mm y el espesor mínimo E es de 0,5 mm. Se consigue con ello un elemento portador apropiado para la medición de deformaciones y/o la temperatura de elementos estructurales de hormigón, acero ú otros materiales.

En un segundo aspecto, esos y otros objetos se consiguen con un procedimiento para la fabricación de un sensor óptico basado en una red de difracción de Bragg para la medida de una característica física de un elemento estructural que comprende un elemento portador de la fibra óptica que sirve para fijar el sensor a la superficie de dicho elemento estructural, que comprende los siguientes pasos:

a) Se recubre con material desmoldeante una superficie lisa donde se han marcado previamente las dimensiones deseadas para el elemento portador.

b) Se coloca sobre dicha superficie la fibra óptica debidamente alineada y centrada.

c) Se aplica una capa muy fina de un material plástico.

5 d) Se coloca una lámina de fibra de vidrio.

e) Se aplica otra capa muy fina de un material plástico.

10 f) Se separa el sensor de dicha superficie una vez que se haya consolidado el laminado formado en los pasos c), d) y e).

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue de una realización ilustrativa, y en ningún sentido limitativa, de la misma en relación con los dibujos que se acompañan.

## 15 Descripción de las figuras

Las Figuras 1a y 1b son, respectivamente, vistas esquemáticas en sección transversal y en planta de un sensor óptico según la presente invención y la Figura 1c es una vista ampliada de la zona W de la Figura 1a.

20 La Figura 2 muestra una serie de datos experimentales sobre la relación entre la deformación en la fibra óptica y la longitud de onda del sensor óptico.

La Figura 3 muestra las diferencias de sensibilidad entre una FBG sin elemento portador y dos sensores ópticos encapsulados a distinta distancia de la estructura que se desea medir. La diferencia estriba en que uno de los sensores encapsulados tiene la FBG embebida en el plano medio del elemento portador mientras el segundo, según la presente invención, tiene una disposición asimétrica respecto al plano medio, estando colocado de esta forma más próximo a la estructura que se desea monitorizar.

30 La Figura 4 muestra los resultados obtenidos en un ensayo a compresión de una probeta cilíndrica de hormigón por cuatro sensores ópticos según la presente invención y dos galgas extensiométricas.

La Figura 5 muestra una probeta de hormigón con dos sensores según la presente invención y una galga extensiométrica entre ellos.

35 La Figura 6 muestra un pilar de acero con dos sensores según la presente invención.

## Descripción detallada de la invención

40 En la Figura 1 se muestra un sensor óptico para la monitorización de estructuras según una realización de la presente invención que comprende el elemento portador 11 y la fibra óptica 13.

Las dimensiones mínimas del elemento portador 11 son una longitud L de 2,5 cm, una anchura A de 5 mm y un espesor E de 0,5 mm y vienen determinadas, por un lado, por el perfil de las FBGs seleccionado para la monitorización de estructuras que requiere aproximadamente 2 cm de fibra óptica 13 y, por otro lado, por las condicionantes derivados de su manejo y fijación a la estructura. El diámetro de la fibra óptica 13 es de  $254 \mu\text{m} \pm 5\%$ .

50 El elemento portador 11 del sensor óptico representado en las Figuras 5 y 6 tiene una longitud L de 10 cm, una anchura A de 1 cm y un espesor E de 0,5 mm. Esas dimensiones son apropiadas para el caso de sensores destinados a la monitorización de deformaciones en superficies de hormigón ó acero en los que una mayor superficie del elemento portador 11 permite una mejor adhesión del sensor a la superficie y la obtención de unos resultados más fiables.

El sensor se fija a la superficie de la estructura en cuestión mediante una capa de un adhesivo apropiado y, si la superficie es vertical, se dispone de forma temporal, hasta que cura el adhesivo, una cinta adhesiva sobre el elemento portador.

55 Uno de los aspectos más importantes a la hora de diseñar sensores ópticos basados en FBGs es su sensibilidad y a estos efectos nos referiremos a sensores encapsulados o sensores sin encapsular según tengan o no tengan un elemento portador que proporcione protección a la fibra óptica y permita su manipulación y fijación a la superficie de la estructura a monitorizar.

60 Para los sensores sin encapsular, la variación de la longitud de onda reflejada por la FBG debida a las deformaciones viene determinada por la siguiente fórmula:

$$65 \quad \Delta\lambda_B = \lambda_B \left\{ \left[ 1 - \left( \frac{n^2}{2} \right) [p_{12} - \nu(p_{11} + p_{12})] \right] \Delta\epsilon + \left[ \left( \frac{n^2}{2} \right) (p_{11} - 2p_{12}) \alpha + \frac{1}{n} \left( \frac{\partial n}{\partial T} \right) \right] \Delta T \right\} \quad (1)$$

## ES 2 329 752 A1

Los términos que acompañan a la variación de la deformación y al incremento de temperatura son aproximadamente constantes para un diseño determinado del sensor, lo que permite simplificar la fórmula anterior a:

$$\Delta\lambda_B = K_\varepsilon \cdot \Delta\varepsilon + K_T \cdot \Delta T \quad (2)$$

donde  $K_\varepsilon$  y  $K_T$  representan la sensibilidad a la deformación y a la temperatura respectivamente y pueden determinarse experimentalmente.

La variación de la longitud de onda con la temperatura se puede compensar bien con otro sensor óptico que no esté mecánicamente sujeto a las deformaciones que se quieren medir o bien conociendo la temperatura mediante cualquier otro método.

El coeficiente de sensibilidad a la deformación del sensor óptico sin encapsular que estamos considerando, es decir la relación entre la variación de la longitud de onda reflejada por el sensor óptico y la deformación en la fibra óptica, obtenido experimentalmente, es de 1.15 nm/( $\mu$ m/m) según se deduce de los resultados mostrados en la Figura 2.

El principal problema planteado por la necesidad de encapsular el sensor óptico es que la fibra óptica queda sujeta a las propiedades mecánicas y térmicas del material que la recubre lo que implica, de no hacerlo de una forma adecuada, una reducción de la sensibilidad en deformación y en temperatura.

Según la presente invención, la fibra óptica 13 debe quedar embebida en el elemento portador 11 en una posición más próxima a la cara destinada a fijarse en la superficie del elemento estructural que en la cara opuesta.

En este sentido, se ha comprobado que el coeficiente de sensibilidad del sensor depende de la distancia de la fibra óptica 13 a la superficie donde se pretende medir la deformación.

Según la presente invención el elemento portador 11 es un laminado de un material plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio y la fibra óptica 13 está embebida en él en una posición más próxima a la cara destinada a fijarse en la superficie del elemento estructural que a la cara opuesta.

Ese laminado está formado con una capa de fibra de vidrio 21 dispuesta entre dos capas de material plástico 23, 25.

En una realización preferente se utilizan para la capa de fibra de vidrio 21 láminas del material M501 fabricado por Ahlshom y como material plástico se utiliza una resina de poliéster mezclada con un agente de endurecimiento, tal como la resina CRYSTIC 446PALV fabricada por Scott Bader mezclada con el catalizador de poliéster P-200 comercializado por GLASPOL COMPOSITES, S.L.

Seguidamente y en referencia a la Figura 1 describimos los pasos de un procedimiento apto para la fabricación del sensor óptico objeto de la presente invención:

- Primero: Se marcan sobre una superficie lisa las dimensiones del elemento portador 11 y se cubre dicha superficie con un desmoldeante tal como, por ejemplo, cera.

- Segundo: Se coloca sobre la superficie lisa la fibra óptica 13 procurando mantenerla centrada y alineada. Para asegurar su inmovilidad durante el resto del procedimiento se pueden fijar sus extremos, fuera del elemento portador 11, mediante una cinta adhesiva de manera que se aplique la mínima tensión de tracción necesaria para mantenerla recta.

- Tercero: Se aplica con un pincel una capa 25 muy fina de resina de poliéster mezclada con un catalizador del tamaño del elemento portador 11 marcado.

- Cuarto: Se coloca una lámina de fibra de vidrio 21, cortada previamente con el tamaño del elemento portador 11, sobre la fibra óptica 13 y la capa de resina 25.

- Quinto: Se añade otra capa 23 muy fina de resina de poliéster mezclada con un catalizador.

- Sexto: Se deja secar el laminado durante 24 horas.

- Séptimo: Se despega el elemento portador 11 de la superficie lisa.

El sensor óptico según la presente invención tiene la misma sensibilidad que una FBG sin encapsular, que a su vez es mayor que la de un sensor óptico con un elemento portador realizado con idénticos materiales pero con la fibra óptica embebida en torno al plano central del elemento portador.

En ese sentido, la Figura 3 muestra la sensibilidad original de la FBG como elemento sensor, esta sensibilidad es de 1.15 nm/( $\mu$ m/m). Se observa que el sensor sin encapsular no es capaz de medir compresiones, si previamente

no se ha pretensado la FBG, y que su rango de medida máximo está en torno a 2000  $\mu\text{m/m}$ . En la misma Figura 3 y a modo de comparación se muestra la sensibilidad 43 obtenida al embeber las FBG en el plano medio del sistema portador y la sensibilidad 41 al embeber la FBG de forma asimétrica según la presente invención.

El sensor óptico propuesto, posee la misma sensibilidad que la FBG sin embeber. Además, permite medir compresiones sin necesidad de pretensar la FBG. Por otro lado, al embeber la FBG la fibra óptica adquiere las propiedades de los materiales en los que se embebe, permitiendo un mayor margen elástico y por tanto aumentando el rango de medida de los sensores, como se observa en la Figura 3, debido a la gran elasticidad de los materiales que forman el encapsulado en la presente invención.

La Figura 4 valida las conclusiones citadas previamente en un ensayo sobre un elemento de construcción. Las gráficas 51, 53, 55, 57 son las de 4 sensores ópticos según la presente invención y, a efectos comparativos los resultados 61, 63 obtenidos con 2 galgas extensiométricos, sobre unas probetas cilíndricas de hormigón sometidas a compresión. Se puede observar como en la zona elástica de la probeta de hormigón, aquella donde las deformaciones no son permanentes, los resultados muestran que todos los sensores ópticos tienen la misma sensibilidad (a pesar de ser fabricados manualmente) lo que permite obtener una gran precisión en las medidas de los sensores ópticos. La zona de régimen no elástico, la zona donde las deformaciones son permanentes, el hormigón no se comporta por igual a lo largo de la superficie debido a la aparición de fisuras, es por ello que los distintos sensores muestran unos resultados ligeramente distintos dependiendo de su ubicación sobre la superficie.

Los sensores ópticos según la presente invención son aplicables tanto para la medición de deformaciones del hormigón (como se ilustra en la Figura 5), del acero (como se ilustra en la Figura 6) ó de otros materiales y facilitan por tanto el control en tiempo real de las infraestructuras durante su vida útil con medios no destructivos, lo que implica efectos beneficiosos a todos los agentes involucrados. En ese sentido, los fabricantes de elementos prefabricados y las empresas constructoras podrían monitorizar en tiempo real los diversos elementos estructurales que fabrican y/o construyen con las ventajas que ello conlleva. Por su parte el mantenimiento de las infraestructuras se vería facilitado con su monitorización en tiempo real permitiendo reducir su coste y garantizar su integridad.

Aunque la presente invención se ha descrito enteramente en conexión con realizaciones preferidas, es evidente que se pueden introducir aquellas modificaciones dentro de su alcance, no considerando éste como limitado por las anteriores realizaciones, sino por el contenido de las reivindicaciones siguientes.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Sensor óptico basado en una red de difracción de Bragg para la medida de una característica física de un elemento estructural que comprende un elemento portador (11) de la fibra óptica (13) que sirve para fijar el sensor a la superficie de dicho elemento estructural, **caracterizado** porque:
  - a) dicho elemento portador (11) es un laminado de un material plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio;
  - 10 b) la fibra óptica (13) está embebida en dicho elemento portador (11) en una disposición asimétrica respecto de su plano medio de manera que quede situada en una posición más próxima a la cara destinada a fijarse en la superficie del elemento estructural que a la cara opuesta.
- 15 2. Sensor óptico según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicha característica física es una deformación de dicho elemento estructural debida a un esfuerzo mecánico y/o su temperatura.
3. Sensor óptico según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, **caracterizado** porque dicho laminado comprende una capa de fibra de vidrio (21) dispuesta entre dos capas de material plástico (23, 25).
- 20 4. Sensor óptico según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizado** porque la fibra óptica está embebida en la capa de material plástico (23) correspondiente a la cara del elemento portador (11) destinada a fijarse en la superficie del elemento estructural.
- 25 5. Sensor óptico según cualquiera de dichas reivindicaciones 1-4 **caracterizado** porque dicho material plástico es una resina de poliéster mezclada con un catalizador.
- 30 6. Sensor óptico según cualquiera de dichas reivindicaciones 1-5 **caracterizado** porque la longitud mínima L de dicho elemento portador (11) es de 2,5 cm, la anchura mínima A es de 5 mm y el espesor mínimo E es de 0,5 mm.
- 35 7. Procedimiento para la fabricación de un sensor óptico basado en una red de difracción de Bragg para la medida de una característica física de un elemento estructural que comprende un elemento portador (11) de la fibra óptica (13) que sirve para fijar el sensor a la superficie de dicho elemento estructural, **caracterizado** porque comprende los siguientes pasos:
  - a) Se recubre con material desmoldeante una superficie lisa donde se han marcado previamente las dimensiones deseadas para el elemento portador (11);
  - b) Se coloca sobre dicha superficie la fibra óptica (13) debidamente alineada y centrada;
  - 40 c) Se aplica una capa muy fina de un material plástico (25);
  - d) Se coloca una lámina de fibra de vidrio (21);
  - e) Se aplica otra capa muy fina de un material plástico (23).
  - 45 f) Se separa el sensor de dicha superficie una vez que se haya consolidado el laminado formado en los pasos c), d) y e).
- 50 8. Procedimiento para la fabricación de un sensor óptico según la reivindicación 7, **caracterizado** porque dicho material plástico es una resina de poliéster mezclada con un agente de endurecimiento.
- 55 9. Procedimiento para la fabricación de un sensor óptico según cualquiera de las reivindicaciones 7-8, **caracterizado** porque la longitud mínima L de dicho elemento portador (11) es de 2,5 cm, la anchura mínima A es de 5 mm y el espesor mínimo E es de 0,5 mm.



FIG. 1a

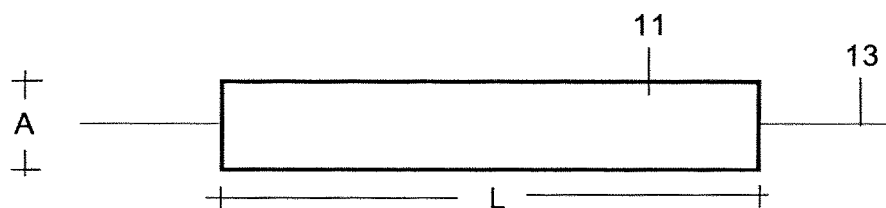


FIG. 1b

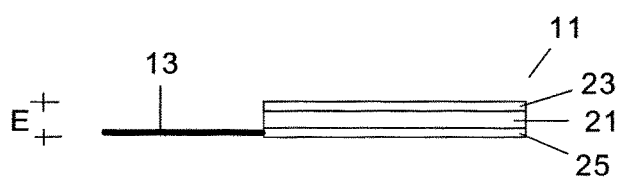


FIG. 1c

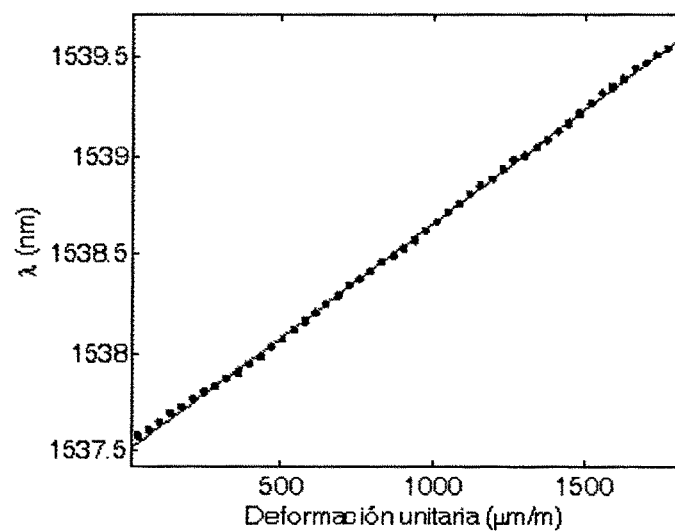


FIG. 2

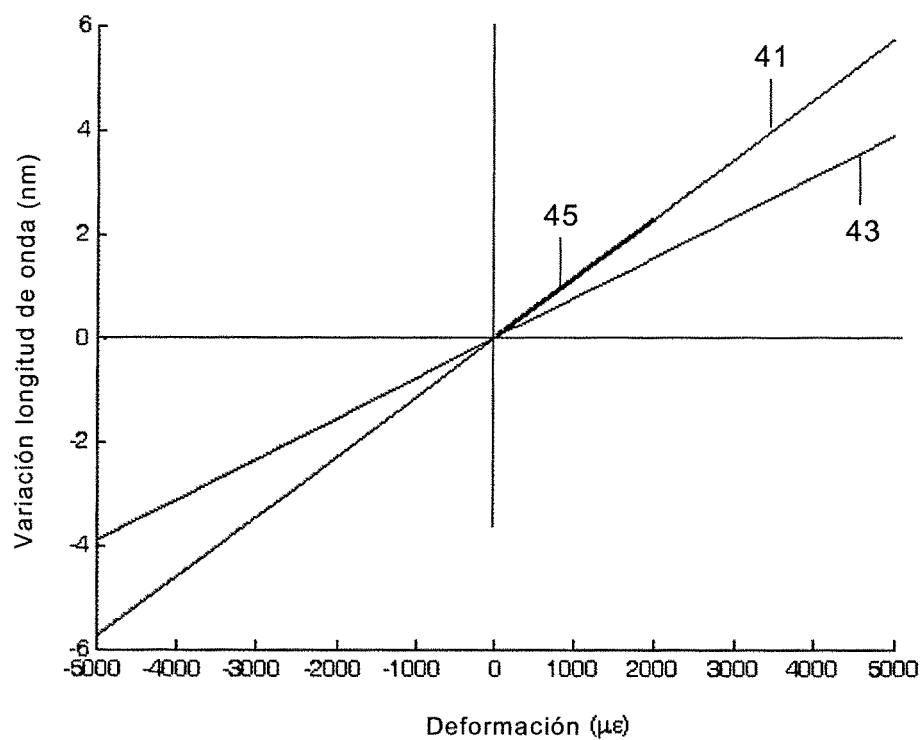


FIG. 3

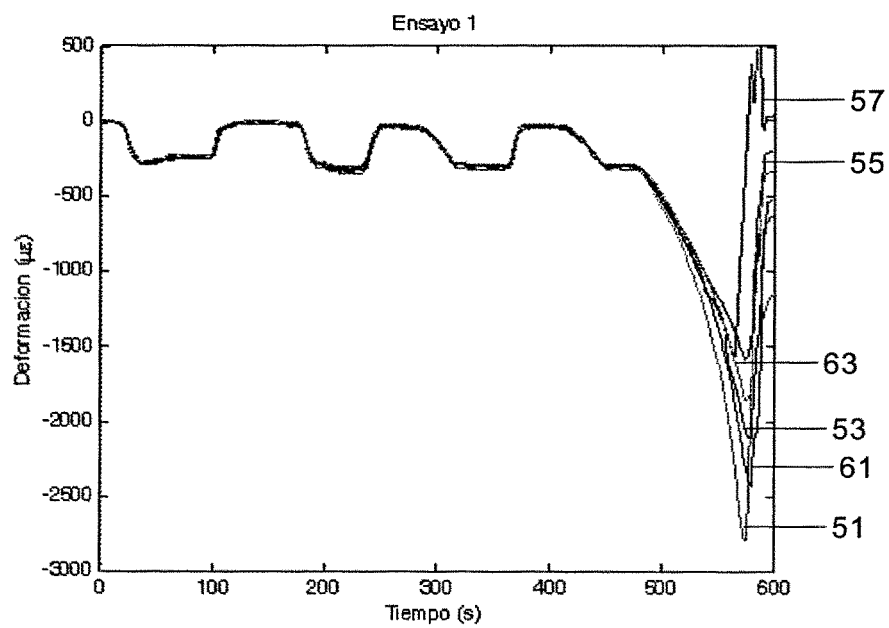
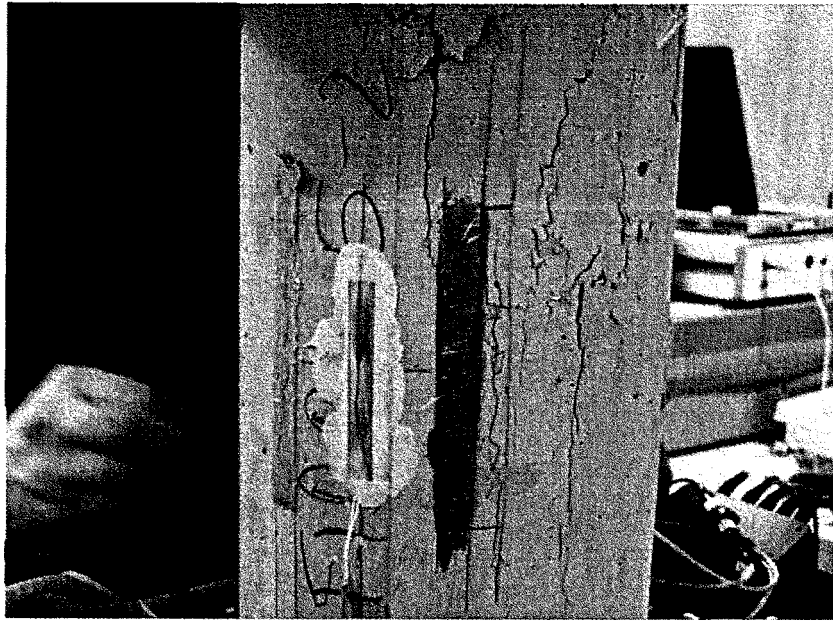
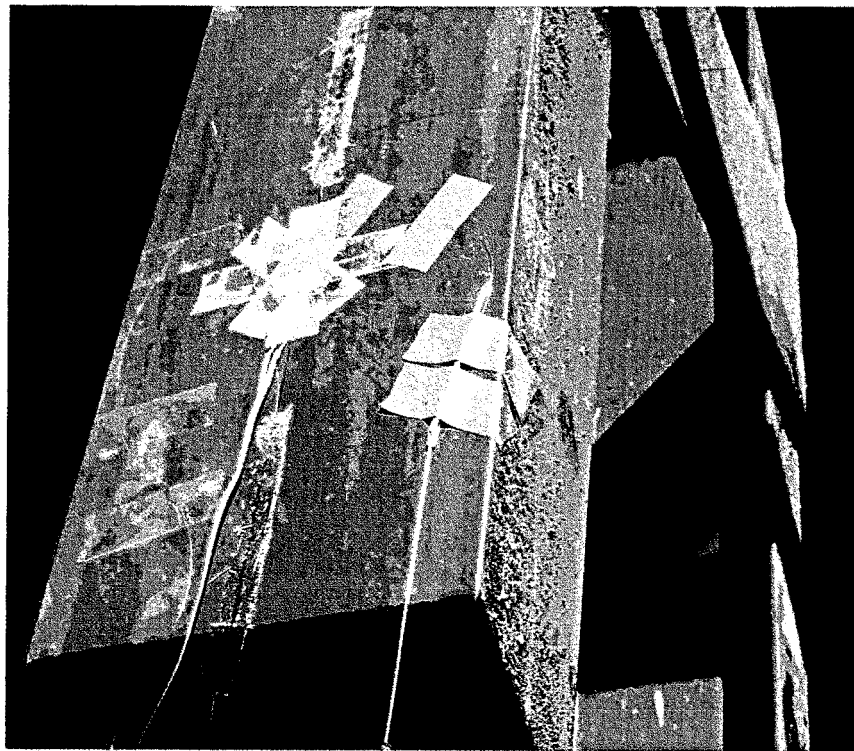


FIG. 4





**FIG. 5**



**FIG. 6**



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 329 752

⑫ Nº de solicitud: 200801728

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 29.05.2008

⑭ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: Ver hoja adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

| Categoría | ⑯ Documentos citados                                                                                                                                           | Reivindicaciones afectadas |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| X<br>Y    | WO 0246712 A1 (UNIV NANYANG ; TJIN SWEE CHUAN) 13.06.2002, página 1, línea 10 - página 3, línea 23;página 5, línea 4 - página 12, línea 7; figuras 3, 6B y 6B. | 1,2,7-9<br>3-6             |
| Y<br>A    | WO 2004104539 A1 (UNIV NANYANG ; TJIN SWEE CHUAN) 02.12.2004, todo el documento.                                                                               | 3-6<br>1,2,7-9             |
| A         | WO 9719325 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP) 29.05.1997, todo el documento.                                                                                        | 1-9                        |

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

19.10.2009

Examinador

J. Herrando Calvo

Página

1/5

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**G01B 11/16** (2006.01)

**G01L 1/24** (2006.01)

**G01K 11/32** (2006.01)

**G01D 5/353** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01B, G01L, G01K, G01D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 19.10.2009

**Declaración**

|                                                      |                  |     |           |
|------------------------------------------------------|------------------|-----|-----------|
| <b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>                 | Reivindicaciones | 1-9 | <b>SÍ</b> |
|                                                      | Reivindicaciones |     | <b>NO</b> |
| <b>Actividad inventiva<br/>(Art. 8.1 LP 11/1986)</b> | Reivindicaciones |     | <b>SÍ</b> |
|                                                      | Reivindicaciones | 1-9 | <b>NO</b> |

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión:**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

**1. Documentos considerados:**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

| Documento | Número Publicación o Identificación | Fecha Publicación |
|-----------|-------------------------------------|-------------------|
| D01       | WO 0246712 A1                       | 13-06-2002        |
| D02       | WO 2004104539 A1                    | 02-12-2004        |
| D03       | WO 9719325 A1                       | 29-05-1997        |

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

La invención reivindicada trata sobre un sensor óptico basado en las redes de difracción de Bragg formado por una fibra óptica embebida en un elemento portador para la medición de deformaciones mecánicas y/o temperaturas en la superficie de elementos estructurales.

Se considera como el documento del estado de la técnica anterior más próximo al objeto reivindicado el documento D01, el cual afecta a la actividad inventiva de todas las reivindicaciones, tal y como se explica a continuación:

**Reivindicación R1**

El documento D01 describe un sensor óptico para medir el esfuerzo mecánico basado en las redes de difracción de Bragg que comprende una fibra óptica embebida en un elemento portador (página 1, línea 11 - página 4, línea 34; figura 6B) en disposición asimétrica (página 7, línea 18 - página 9, línea 19; página 11, líneas 6-36; figuras 3 y 6A), tal y como divulga la reivindicación R1 de la solicitud.

Sin embargo, la invención reivindicada difiere del documento citado en que el elemento portador es un material plástico termoestable reforzado con fibra de vidrio mientras que en el documento D01 (página 9, líneas 13-22; página 11, líneas 14-16) este material está reforzado con fibras de carbono. Esta diferencia no se considera que tenga actividad inventiva (Artículo 8.1 LP) ya que es conocido para el experto en la materia que la utilización de fibras de vidrio o de carbono para reforzar el material plástico son equivalentes obvios y pueden ser intercambiadas cuando las circunstancias lo aconsejen.

**Reivindicación R2**

La utilización de un sensor óptico basado en una red de difracción de Bragg para medir el esfuerzo mecánico y/o la temperatura no indica nada que no sea conocimiento común en el estado de la técnica ya que la utilización de este tipo de sensores para medir las características físicas descritas en la reivindicación R2 son materia ya conocida como se muestra en los documentos D01, D02 y D03. Por lo tanto, la reivindicación R2 no se considera que implique actividad inventiva.

**Reivindicaciones R3-R5**

El documento D01 describe un sensor óptico que comprende una fibra óptica embebida en una capa de material plástico (página 1, línea 11 - página 4, línea 34; figura 6B) por la cara del elemento portador más cercana a la superficie del elemento estructural donde se va a fijar (página 7, línea 18 - página 9, línea 19; página 11, líneas 6-36; figuras 3 y 6A) tal y como se divulga en la reivindicación R4.

Por otro lado, el material plástico utilizado en el elemento portador según la reivindicación R5 de la solicitud es una resina de poliéster igual a la utilizada en el documento D01 (página 9, líneas 13-22). La utilización de catalizadores y/o aditivos para potenciar o mejorar las propiedades del poliéster tales como su endurecimiento es material conocido en el estado de la técnica y no se consideran que impliquen actividad inventiva.

Sin embargo, la invención reivindicada difiere del documento D01 en que incluye una capa de fibra de vidrio entre las capas de material plástico que forman el elemento portador. Pero esa característica ya ha sido empleada para el mismo fin en el documento D02 (página 6, línea 33 - página 8, línea 10). Por tanto, resultaría obvio para el experto en la materia, sobre todo cuando se va a obtener un mismo resultado, aplicar estas características con su correspondiente efecto al documento D01, de modo que se obtenga un sensor óptico con una fibra óptica embebida en un elemento portador formado por capas de material plástico y una capa intermedia de fibra de vidrio de acuerdo con la reivindicación R3.

Hoja adicional

Por lo tanto y según lo expuesto anteriormente, el objeto de las reivindicaciones R3, R4 y R5 no implica actividad inventiva (Artículo 8.1 LP).

Reivindicación R6

El objeto de la reivindicación R6 describe un sensor óptico con dimensiones específicas, sin embargo no se considera que dichas medidas tengan un efecto técnico inesperado en el sensor que implique actividad inventiva.

Reivindicación R7

La reivindicación R7 constituye una ligera variante constructiva de un sensor óptico basado en una red de difracción de Bragg con fibra óptica y elemento portador constituido por capas de material plástico y fibra de vidrio cuyo procedimiento de fabricación se considera dentro del alcance de la práctica habitual seguida por el experto en la materia, especialmente debido a que las ventajas conseguidas se prevén fácilmente. Consecuentemente, el objeto de la reivindicación R7 también carece de actividad inventiva.

Reivindicación R8

La utilización de una resina de poliéster para formar el elemento portador es material ya conocido según muestra el documento D01 (página 9, líneas 13-22) y además es conocimiento común en el estado de la técnica. Por lo tanto, la invención como se reivindica en la reivindicación R8, no se considera que implique actividad inventiva.

Reivindicación R9

El objeto de la reivindicación R9 comprende sólo un modo de realización ya que no se puede considerar que la realización del sensor óptico con esas dimensiones tenga un efecto técnico inesperado que implique actividad inventiva.