

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA PATENTE DE INVENCION

Sobre:

**“DISPOSITIVO DE DETECCIÓN ÓPTICA Y
MÉTODO DE MEDICIÓN DISTRIBUIDA LINEAL
PARA MEDIR DEFORMACIONES MECÁNICAS DE
MATERIALES Y ESTRUCTURAS”**

Solicitada por:

Comisión Nacional de Energía Atómica

con domicilio en Av. Del Libertador 8250, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

&

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

con domicilio en Godoy Cruz 2290, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Inventores:

Julio César BENÍTEZ

Germán Roberto FERNÁNDEZ

Diego Fernando GROSZ

Nicolás Martín LINALE

Por el plazo de:

20 años

DISPOSITIVO DE DETECCIÓN ÓPTICA Y MÉTODO DE MEDICIÓN DISTRIBUIDA LINEAL PARA MEDIR DEFORMACIONES MECÁNICAS DE MATERIALES Y ESTRUCTURAS

- [1] La presente invención se refiere a un dispositivo de detección óptica y a un método de medición distribuida lineal para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras.

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

- [2] El campo técnico al cual pertenece la presente invención es el del estudio del comportamiento de los materiales a través de la medición e identificación de deformaciones mecánicas de materiales y estructuras usando medios ópticos.

ESTADO DE LA TÉCNICA

- [3] El monitoreo de la salud de las grandes estructuras civiles (también conocido en inglés como “Structural Health Monitoring” o por sus siglas “SHM”) como puentes, edificios, tuberías de gas, etc., puede implementarse a partir de sensores de fibra óptica.
- [4] El área de los sensores ópticos ha sido una de las más importantes en el campo de la fotónica en las dos últimas décadas. En particular, los sensores distribuidos resultan adecuados para el monitoreo de grandes infraestructuras ya que permiten, con un único cable de fibra óptica y solo un interrogador, disponer de una vasta cantidad de puntos de medición distribuidos en toda la estructura. Este tipo de sensor proporciona información relativa a la temperatura y la deformación mecánica (también conocida en inglés como “strain”) de cada punto de la fibra, permitiendo la estimación de otras magnitudes físicas asociadas como, por ejemplo, la presión. Los sensores distribuidos de fibra óptica se basan en una modulación de la intensidad y/o de la frecuencia del campo eléctrico que se propaga en la fibra y en la utilización

de un esquema de detección síncrona, con la cual es posible determinar la posición en la que se produce una perturbación. En forma general, una modificación de la geometría de la fibra óptica produce un cambio detectable en las propiedades ópticas de los pulsos que se propagan en ella.

- [5] Otro sensor óptico utilizado en la industria para medir los parámetros físicos anteriormente nombrados, en forma puntual o distribuida, son las redes de Bragg basadas en fibra óptica (también conocidas en inglés como “Fiber Bragg Gratings”, o por sus siglas “FBG”). El mismo tiene como objetivo poder detectar los corrimientos que sufre la longitud de onda de Bragg en función de los parámetros físicos a la cual se encuentra sometida la “FBG” (temperatura, deformación longitudinal, presión, radiación, etc.).
- [6] Como antecedente más relevante de la presente invención se tiene la patente N° [US8886001B2](#). Allí se describe un sensor óptico formado a partir de una guía de ondas óptica que tiene, al menos, un núcleo rodeado de una cubierta (más conocido en inglés como “cladding”) y una porción en forma de “D”. La deformación axial o de compresión a lo largo de la sección transversal en forma de “D” puede determinarse midiendo el cambio de polarización de la luz a la salida del sensor. Adicionalmente, puede disponerse una capa que responda a una magnitud física que se desee medir en la parte plana del sensor. El índice de refracción de la capa cambia y/o la capa aplica una tensión sobre el sensor en respuesta a cambios en la magnitud física de interés. Los cambios producidos en el índice de refracción de la capa alteran las propiedades de la luz a la salida del sensor, las cuales pueden medirse en función del tiempo y correlacionarse con el valor de la magnitud física que se desea conocer.
- [7] En dicho antecedente, se destaca que se remueve una sección del “cladding” de la guía de ondas óptica. No obstante, a diferencia del dispositivo de la presente invención, el sensor de dicho antecedente está formado por una sección en forma de “D”, la que, además, no se “decora” o recubre con un material de características ópticas sustantivamente diferentes. Por otra parte, dicho sensor se utiliza para medir una deformación axial o compresión, al igual que la presente invención, pero el principio de transducción es totalmente

diferente debido a que las deformaciones aplicadas en la sección en forma de “D” producen un cambio en el estado de polarización de la luz guiada. Mientras que, en la presente invención, la unidad de detección opera produciendo variaciones de la absorción (detección lineal) y del coeficiente no lineal (detección no lineal) al experimentar un esfuerzo mecánico, axial y/o de compresión, debidas a que el modo transversal eléctrico modifica su penetración en el material de recubrimiento. Además, la presente invención permite discriminar el tipo de esfuerzo mecánico experimentado (axial o compresión), un problema no contemplado en el antecedente US8886001B2.

- [8] La patente N° [CN103335741A](#) describe un sensor de temperatura de fibra óptica basado en grafeno, que se caracteriza porque en una sección de la fibra óptica, se establece un área de 1 a 3 cm de longitud como área de detección, cuyo “cladding” se retira parcialmente; la distancia más corta entre el revestimiento de fibra óptica y una interfaz de núcleo de fibra es de 1 a 3 μm ; se deposita una película de grafeno de reducción-oxidación en el área de detección de la fibra óptica, con un espesor de 10-30 μm . De acuerdo con la invención, se utiliza un efecto de absorción de luz termotrópica del grafeno para fabricar el sensor de temperatura y, por lo tanto, el sensor de temperatura tiene las ventajas de una alta velocidad de respuesta y alta sensibilidad.
- [9] En concreto, en dicho sensor se remueve un porcentaje del “cladding”, dicha sección removida se recubre con un material 2D (óxido de grafeno) y se utiliza para medir temperatura. Además de que la principal diferencia física de la presente invención es que se remueve la totalidad del “cladding”, el principio de transducción de dicho antecedente es totalmente diferente al de la presente invención debido a que los cambios de temperatura generan cambios en el efecto no lineal (Efecto Raman) que se produce por la interacción de la luz y el material 2D. En cambio, el dispositivo de la presente invención opera sobre el principio de las variaciones en la absorción (detección lineal) y el coeficiente no lineal (detección no lineal) producidas por los cambios en la penetración del modo propagante en el material de recubrimiento.

- [10] Por último, la patente N° [CN103868887A](#) describe un sensor de fibra óptica cónico basado en película de grafeno, el cual es de estructura simple, de tamaño pequeño y de alta sensibilidad, y se puede utilizar para realizar detecciones en línea y para el análisis en tiempo real de trazas de gases, líquidos, elementos químicos y ADN en los campos de la biología, la química, las ciencias médicas, etc.
- [11] Al igual que en los antecedentes mencionados anteriormente, existen diferencias tanto en la geometría como en el principio de funcionamiento, lo cual requiere un método de uso diferente. Ningún antecedente dentro del estado de la técnica resuelve el problema de medición de deformaciones mecánicas, axiales y/o de compresión, ni discrimina entre uno u otro esfuerzo mecánico.

OBJETO DE LA INVENCION

- [12] El objeto de la presente invención es un dispositivo de detección óptica y un método de medición distribuida lineal, que utiliza dicho dispositivo, para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras.
- [13] Dicho dispositivo comprende una guía de ondas óptica (la cual comprende un núcleo interno y un “cladding” externo) y material de recubrimiento. Asimismo, dicha guía de ondas óptica comprende al menos un tramo que se denomina unidad de detección, la cual comprende a su vez uno o dos segmentos sin dicho “cladding” externo, y donde dicho núcleo interno de dicho o dichos segmentos están cubiertos por dicho material de recubrimiento. En particular, la absorción lineal de dicho material de recubrimiento es al menos un orden de magnitud mayor que la absorción lineal de dicha guía de ondas óptica, el índice de refracción no lineal de dicho material de recubrimiento es al menos un orden de magnitud mayor que el índice de refracción no lineal de dicha guía de ondas óptica, y el coeficiente no lineal de dicho o dichos segmentos cubiertos con dicho material de recubrimiento es mayor que el coeficiente no lineal de dicha guía de ondas óptica.

- [14] Dicho método comprende: a) Ubicar al menos uno de dichos dispositivos de detección óptica en un material o estructura; b) Iluminar a dichos dispositivos con un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (conocido por sus siglas en inglés, “OTDR”, que hacen referencia a “Optical Time Domain Reflectometer”) con pulsos de luz de intensidad, duración y longitud de onda conocidas; c) Ajustar el rango dinámico y la resolución de dicho “OTDR” hasta detectar el evento de cada una de dichas unidades de detección; d) Obtener la traza del “OTDR”; e) Monitorear variaciones en tiempo real en la absorción de los eventos del paso c); y f) Obtener la magnitud de las deformaciones mecánicas de dicho material o estructura.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- [15] Para mayor claridad y comprensión del objeto de la presente invención, se presentan las siguientes figuras de variantes del dispositivo de detección óptica y del método de medición distribuida lineal de la presente invención:
- [16] Figura 1: Vista en perspectiva de un esquema de una unidad de detección del dispositivo de detección óptica de un ejemplo de realización, con dos segmentos cubiertos con material de recubrimiento. Se observa un corte longitudinal en el material de recubrimiento, a fin de mostrar el núcleo.
- [17] Figura 2: Vista en perspectiva de un esquema de una unidad de detección del dispositivo de detección óptica de un ejemplo de realización, con un segmento cubierto con material de recubrimiento. Se observa un corte longitudinal en el material de recubrimiento, a fin de mostrar el núcleo.
- [18] Figura 3: Esquema del dispositivo de detección óptica y del método de medición distribuida lineal, del ejemplo de realización, que utiliza unidades de detección con dos segmentos cada una.
- [19] Figura 4: Gráfico de la variación relativa de la absorción lineal, $\Delta\alpha$, en función de los diferentes tipos de deformación (tracción y compresión), ϵ , para fibras

con y sin material de recubrimiento (con tres capas de grafeno). Las líneas punteadas no son mediciones sino guías auxiliares.

[20] Figura 5: Gráfico en el que se observa un ejemplo de las trazas que se obtendrá con un “OTDR” al interrogar un dispositivo con unidades de detección con dos segmentos de un ejemplo de realización de la presente invención. En la Figura 5a el dispositivo no se encuentra sometido a ningún tipo de esfuerzo mecánico. En la Figura 5b se aplica compresión al primer segmento. En la Figura 5c se aplica tracción a ambos segmentos.

[21] Referencias en las Figuras:

(100) Dispositivo de detección óptica

(101) Guía de ondas óptica

(102) Núcleo

(103) “Cladding”

(104) Unidad de detección

(S_a) Segmento 1

(S_b) Segmento 2

(105) Material de recubrimiento

(200) Reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (“OTDR”)

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[22] Se presentan a continuación la descripción del dispositivo y del método propuestos para la presente invención:

Descripción del dispositivo:

[23] El dispositivo de detección óptica para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras comprende los siguientes elementos:

- una guía de ondas óptica, que se selecciona del grupo que comprende: fibra óptica convencional monomodo, fibra óptica

convencional multimodo, fibra óptica de cristal fotónico y fibra de vidrios calcogenuros; y

- material de recubrimiento, el cual cambia las propiedades ópticas de dicha guía de ondas óptica;

donde dicha guía de ondas óptica comprende un núcleo interno y un “cladding” externo;

donde dicha guía de ondas óptica comprende al menos un tramo que se denomina unidad de detección;

donde dicha unidad de detección comprende uno o dos segmentos sin dicho “cladding” externo, y donde dicho núcleo interno de dicho o dichos segmentos están cubiertos de dicho material de recubrimiento;

donde dicho material de recubrimiento tiene propiedades ópticas sustancialmente diferentes a las propiedades ópticas de dicha guía de ondas óptica;

donde la absorción lineal de dicho material de recubrimiento es al menos un orden de magnitud mayor que la absorción lineal de dicha guía de ondas óptica;

donde el índice de refracción no lineal de dicho material de recubrimiento es al menos un orden de magnitud mayor que el índice de refracción no lineal de dicha guía de ondas óptica; y

donde el coeficiente no lineal de dicho o dichos segmentos cubiertos con dicho material de recubrimiento es mayor que el coeficiente no lineal de dicha guía de ondas óptica.

[24] El tamaño mínimo de dicha unidad de detección depende de la máxima resolución espacial del “OTDR”.

[25] El tamaño máximo de dicha unidad de detección depende de la aplicación de detección óptica de propiedades mecánicas (tracción y compresión) específica.

Descripción del método:

[26] El método de medición distribuida lineal para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras comprende los siguientes pasos:

- a) Ubicar al menos uno de dichos dispositivos de detección óptica en un material o estructura;
- b) Iluminar a dichos dispositivos con un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (“OTDR”) con pulsos de luz de intensidad, duración y longitud de onda conocidas;
- c) Ajustar el rango dinámico y la resolución de dicho “OTDR” hasta detectar el evento de cada una de dichas unidades de detección; esto es, que pueda detectar la absorción adicional producida por el o los segmentos que estén cubiertos por material de recubrimiento;
- d) Obtener la traza del “OTDR”; esto es, la absorción en función de la distancia;
- e) Monitorear variaciones en tiempo real en la absorción de los eventos del paso c); y
- f) Obtener la magnitud de las deformaciones mecánicas de dicho material o estructura, en cada uno de dichos segmentos, a través de las curvas de calibración de dichos dispositivos obtenidas en dicho paso d).

[27] Alternativamente, en caso de que dicho dispositivo comprenda dos o más unidades de detección con dos segmentos cubiertos con material de recubrimiento cada una, luego de dicho paso f) se realiza preferentemente el siguiente paso g):

- g) Analizar en la traza de “OTDR” obtenida en el paso d) las variaciones de absorción en cada una de dichas unidades de detección, y discriminar el tipo de esfuerzo aplicado a dicho material o estructura entre tracción, que se refleja como un aumento de la absorción en ambos segmentos de detección, y compresión, que se refleja como un aumento de la absorción en uno de los segmentos de detección.

EJEMPLO DE REALIZACIÓN

[28] Para el dispositivo de detección óptica y el método de medición distribuida lineal descritos en la presente invención, se llevaron adelante los siguientes ejemplos de realización:

[29] Se utiliza el dispositivo de detección óptica (100) para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras, que se observa en la Figura 1 y comprende:

- una fibra óptica convencional multimodo como guía de ondas óptica (101);
- grafeno como material de recubrimiento (105);

donde dicha fibra óptica tiene una estructura geométrica de dos cilindros concéntricos, que comprende un núcleo (102) de sílice rodeado por un “cladding” (103);

donde dicha fibra óptica (101) comprende un tramo que se denomina unidad de detección (104);

donde dicha unidad de detección (104) comprende dos segmentos (S_a) y (S_b) iguales entre sí, a los que les ha removido dicho “cladding”, y donde dicho núcleo de dichos segmentos (S_a) y (S_b) está cubierto por una película de dicho grafeno (105);

donde la absorción lineal de dicho grafeno (105) es 7 órdenes de magnitud mayor que la absorción lineal de dicha fibra óptica (101);

donde el índice de refracción no lineal de dicho grafeno (105) es 7 órdenes de magnitud mayor que el índice de refracción no lineal de dicha fibra óptica; y

donde el coeficiente no lineal de dichos segmentos (S_a) y (S_b) cubiertos con dicho grafeno (105) es aproximadamente un 60% mayor que el coeficiente no lineal de dicha fibra óptica (101).

[30] En la Figura 3 se observa un esquema de un ejemplo de realización del método de medición distribuida lineal, en el que se utiliza el dispositivo de detección óptica descrito anteriormente, donde dicho ejemplo comprende los siguientes pasos:

- a) Ubicar el dispositivo de detección óptica en el material, con 25 unidades de detección con dos segmentos cada una, separadas entre sí de manera equidistante;
- b) Iluminar a dicho dispositivo con un “OTDR” con pulsos de luz de intensidad, duración y longitud de onda conocidas, para el presente ejemplo, con una intensidad que provea un rango dinámico de medición

entre 30 y 50 dB, pulsos de algunas decenas de nanosegundos de duración y longitud de onda de 1550 nm.

c) Ajustar el rango dinámico y la resolución de dicho “OTDR” hasta detectar el evento de cada una de dichas unidades de detección; esto es, que pueda detectar la absorción adicional producida por los segmentos que estén cubiertos por material de recubrimiento;

d) Obtener la traza del “OTDR”;

e) Monitorear variaciones en tiempo real en la absorción de los eventos del paso c);

f) Obtener la magnitud de las deformaciones mecánicas de dicho material o estructura, en cada uno de dichos segmentos, a través de la curva de calibración de dicho dispositivo; y

g) Analizar las variaciones de absorción obtenidas en cada una de dichas unidades de detección y discriminar el tipo de esfuerzo aplicado a dicho material entre tracción y compresión.

[31] En la Figura 5 se muestran las diferentes trazas obtenidas por un “OTDR” al interrogar el dispositivo de detección óptica con unidades de detección con dos segmentos, el cual se encuentra sometido a diferentes condiciones de esfuerzos mecánicos. El “OTDR” utilizado para el presente ejemplo es capaz de detectar pequeños cambios de atenuación del orden de los 0,1 dB, por debajo de este valor el “OTDR” no es capaz de realizar una medición. Por tal motivo, se puede elegir el tamaño de la unidad de detección en función de este parámetro, el cual determina un valor de longitud de cada segmento de 1 mm y determina la separación de los segmentos en cada unidad de detección, la cual da un valor de 10 cm.

[32] Si no se aplica ningún esfuerzo mecánico en el segmento 1 (S_a) de la unidad de detección (104) y en el segmento 2 (S_b) de la unidad de detección (104) provocan el mismo nivel de atenuación de 0,1 dB en la traza de “OTDR”, de acuerdo con lo que se observa en la Figura 5a.

[33] En cambio, si se aplica una compresión de 10 mε en S_a esto provoca que el valor de atenuación aumente a un valor de 0,29 dB, mientras que S_b se

mantiene en el valor de 0,1 dB debido a que no se ve afectado por el esfuerzo aplicado en S_a , de acuerdo con lo que se observa en la Figura 5b.

- [34] Mientras que, si se aplica una tracción, ambos segmentos se encuentran afectados por dicho esfuerzo y esto provoca que tanto S_a como S_b presenten una pérdida de 0,32 dB cuando se someten a una tracción de 10 mε, de acuerdo con lo que se observa en la Figura 5c. Esto quiere decir que la tracción y la compresión se encuentran desacopladas, lo cual permite separar o discriminar ambos efectos observando la absorción lineal que se provoca en los segmentos de las unidades de detección.
- [35] Por otro lado, en la Figura 2 se observa otro ejemplo de realización del dispositivo de detección óptica (100) para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras, donde la unidad de detección (104) de la fibra óptica (101) comprende un segmento al que se le ha removido dicho “cladding” (103), y donde dicho núcleo (102) de dicho segmento está cubierto por una película de grafeno (105).
- [36] En la Figura 4 se muestra la variación relativa de la absorción lineal, $\Delta\alpha$, en función de los diferentes tipos de deformación (tracción y compresión), ϵ , para fibras con material de recubrimiento (utilizando el dispositivo de la Figura 2) y sin material de recubrimiento. Los resultados se obtuvieron mediante simulaciones numéricas. A continuación, se detalla el método utilizado.
- [37] Se modeló una fibra óptica sin “cladding” y sin material de recubrimiento y otra fibra óptica sin “cladding” pero cubierta con una película de tres capas de grafeno (cada capa tiene un espesor $\approx 0,3$ nm) para diferentes esfuerzos mecánicos aplicados. Se obtuvo la distribución del modo transversal eléctrico correspondiente utilizando un algoritmo de diferencias finitas en el dominio del tiempo (o por sus siglas en inglés, “FDTD”, que hacen referencia a “Finite Difference Time Domain”).

[38] Conociendo el perfil del modo se calcula el coeficiente de absorción lineal de acuerdo con la siguiente Ecuación 1:

$$\alpha_0 = \frac{\iint \alpha(x, y) |S(\omega_0, x, y)|^2 dx dy}{\iint |S(\omega_0, x, y)|^2 dx dy}$$

donde $\alpha(x, y) = 0,046 \text{ km}^{-1}$ es el coeficiente lineal de atenuación del núcleo de la fibra y $S(\omega_0, x, y)$ es la distribución del modo en $\lambda_0 = 1550 \text{ nm}$. Usando la Ecuación 1 y el perfil del modo obtenido, calculamos la variación relativa de la absorción lineal con la siguiente Ecuación 2:

$$\Delta\alpha = 10 * \log\left(1 - \frac{\alpha(\varepsilon)}{\alpha_0}\right)$$

[39] La unidad de detección presenta una diferencia en la sensibilidad dependiendo del tipo de esfuerzo (tracción/compresión).

A continuación, siguen 10 reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

Habiendo descripto y determinado la naturaleza y alcance de la presente invención, y la manera en que la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara lo que se reivindica como invención y de propiedad exclusiva:

- 1) Un dispositivo de detección óptica para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras, **caracterizado porque** comprende:

- una guía de ondas óptica, que se selecciona del grupo que comprende: fibra óptica convencional monomodo, fibra óptica convencional multimodo, fibra óptica de cristal fotónico y fibra de vidrios calcogenuros; y
- material de recubrimiento;

donde dicha guía de ondas óptica comprende un núcleo interno y un “cladding” externo;

donde dicha guía de ondas óptica comprende al menos un tramo que se denomina unidad de detección;

donde dicha unidad de detección comprende uno o dos segmentos sin dicho “cladding” externo, y donde dicho núcleo interno de dicho o dichos segmentos están cubiertos con dicho material de recubrimiento;

donde la absorción lineal de dicho material de recubrimiento es al menos un orden de magnitud mayor que la absorción lineal de dicha guía de ondas óptica;

donde el índice de refracción no lineal de dicho material de recubrimiento es al menos un orden de magnitud mayor que el índice de refracción no lineal de dicha guía de ondas óptica; y

donde el coeficiente no lineal de dicho o dichos segmentos cubiertos con dicho material de recubrimiento es mayor que el coeficiente no lineal de dicha guía de ondas óptica.

- 2) El dispositivo de detección óptica según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha guía de ondas óptica es preferentemente fibra óptica convencional monomodo, y dicho material de recubrimiento

es preferentemente grafeno, u óxido de grafeno, o dicalcogenuros de metales de transición.

- 3) El dispositivo de detección óptica según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha guía de ondas óptica es preferentemente fibra óptica convencional multimodo, y dicho material de recubrimiento es preferentemente grafeno, u óxido de grafeno, o dicalcogenuros de metales de transición.
- 4) El dispositivo de detección óptica según las reivindicaciones 1, 2 y 3, **caracterizado porque** dichas unidades de detección comprenden preferentemente un segmento sin dicho “cladding” externo, y donde dicho núcleo interno de dicho segmento sin dicho “cladding” externo está cubierto con dicho material de recubrimiento.
- 5) El dispositivo de detección óptica según las reivindicaciones 1, 2 y 3, **caracterizado porque** dichas unidades de detección comprenden preferentemente dos segmentos sin dicho “cladding” externo, y donde dicho núcleo interno de dichos segmentos sin dicho “cladding” externo está cubierto con dicho material de recubrimiento.
- 6) El dispositivo de detección óptica según las reivindicaciones 4 y 5, **caracterizado porque** dichas unidades de detección son preferentemente iguales entre sí.
- 7) El dispositivo de detección óptica según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** dichas unidades de detección se ubican preferentemente a intervalos regulares sobre dicha guía de ondas óptica.
- 8) El dispositivo de detección óptica según las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** dichas unidades de detección se ubican preferentemente a intervalos irregulares sobre dicha guía de ondas óptica.

- 9) Un método de medición distribuida lineal para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras, **caracterizado porque** comprende los siguientes pasos:
- a) Ubicar al menos uno de dichos dispositivos de detección óptica en un material o estructura;
 - b) Iluminar a dichos dispositivos con un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo con pulsos de luz de intensidad, duración y longitud de onda conocidas;
 - c) Ajustar el rango dinámico y la resolución de dicho reflectómetro óptico en el dominio del tiempo hasta detectar el evento de cada una de dichas unidades de detección;
 - d) Obtener la traza del reflectómetro óptico en el dominio del tiempo;
 - e) Monitorear variaciones en tiempo real en la absorción de los eventos del paso c); y
 - f) Obtener la magnitud de las deformaciones mecánicas de dicho material o estructura, en cada uno de dichos segmentos, a través de las curvas de calibración de dichos dispositivos obtenidas en dicho paso d).
- 10) El método de medición distribuida lineal para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras según la reivindicación 9, **caracterizado porque** comprende preferentemente el siguiente paso g) luego de dicho paso f):
- g) Si dicho dispositivo comprende dos o más unidades de detección con dos segmentos cubiertos con material de recubrimiento cada una, analizar en la traza del reflectómetro óptico en el dominio del tiempo obtenida en el paso d) las variaciones de absorción en cada una de dichas unidades de detección, y discriminar el tipo de esfuerzo aplicado a dicho material o estructura entre tracción y compresión.

Ing. Edgardo S. ALANIZ

Agente de la Propiedad Industrial

Matrícula N° 2282

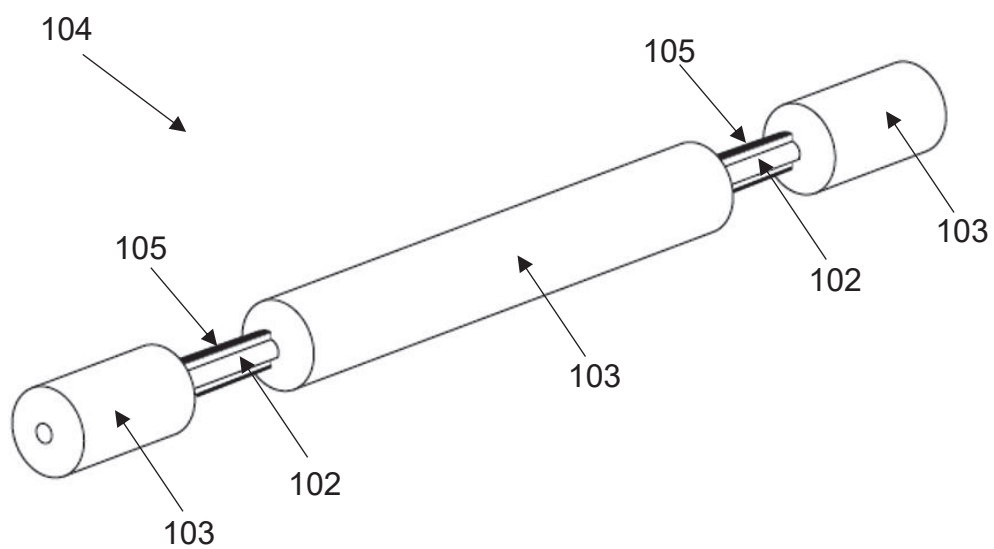


Figura 1

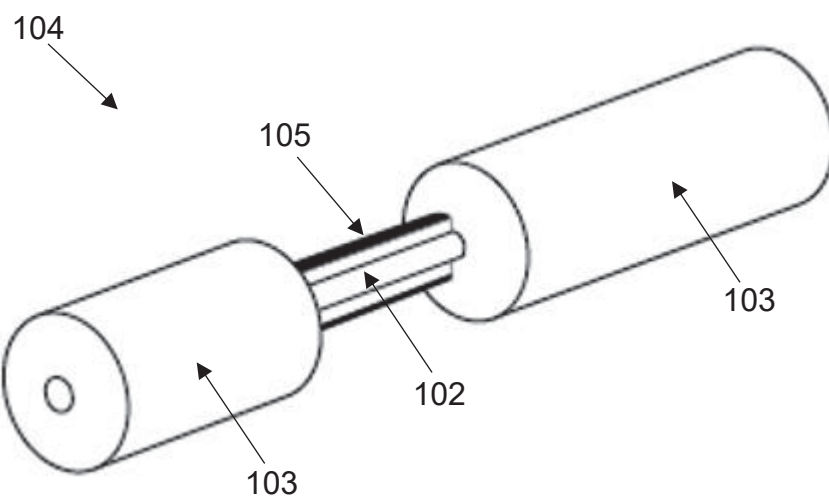


Figura 2

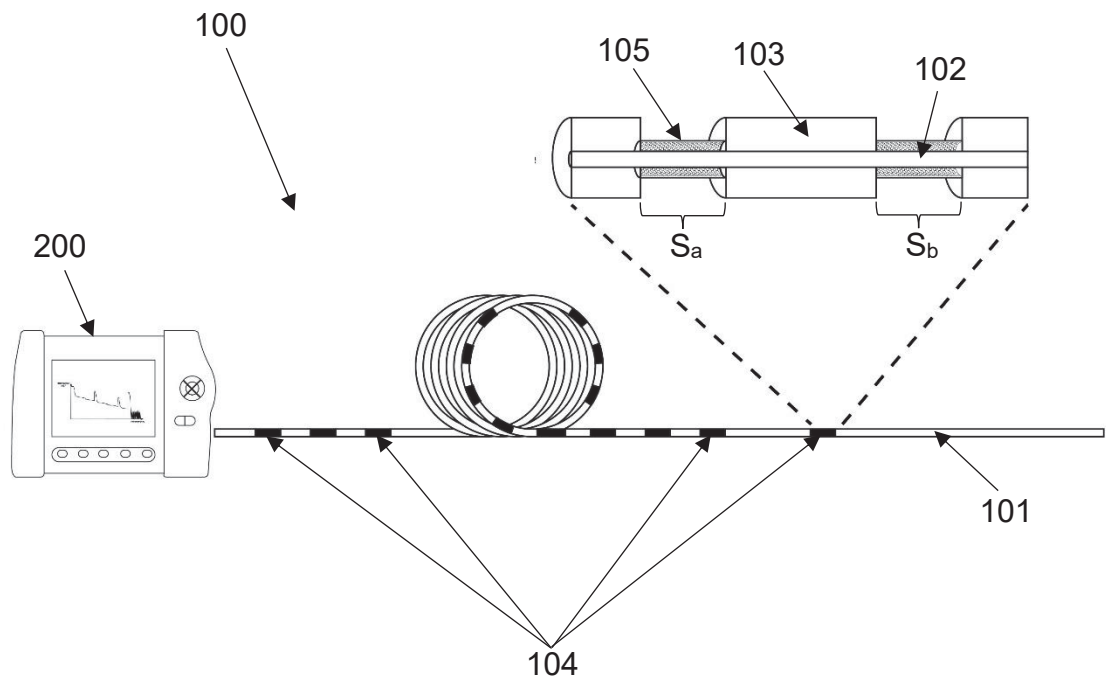


Figura 3

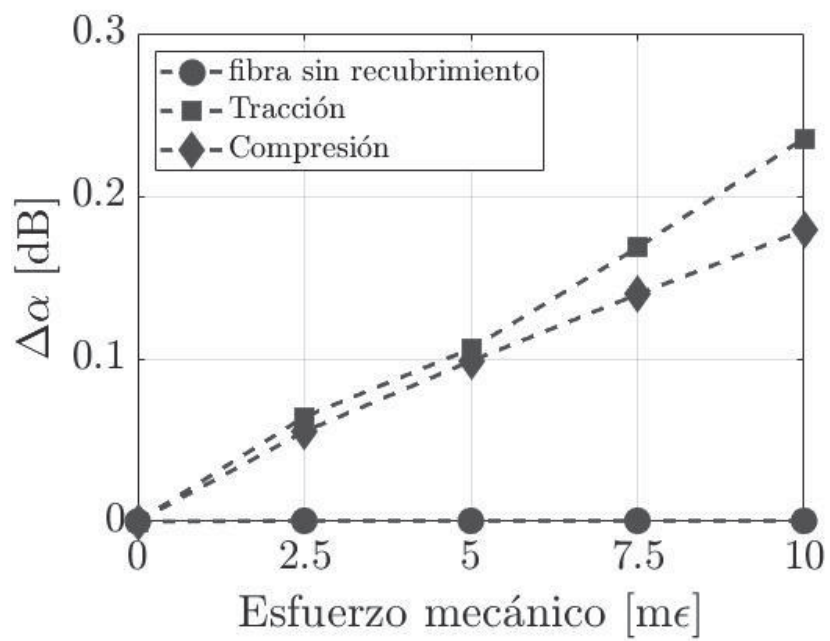
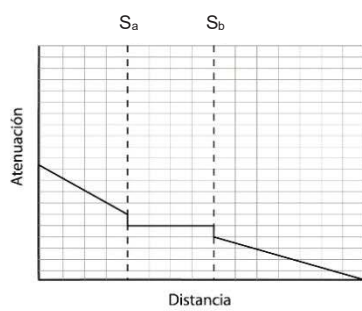
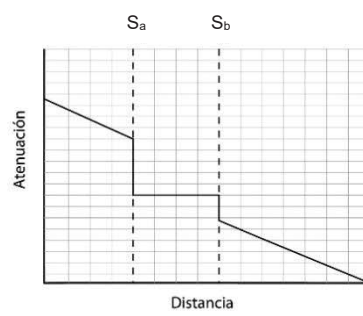


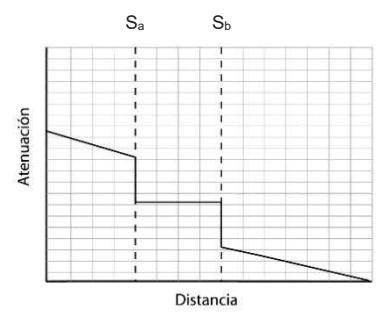
Figura 4



5a



5b



5c

Figura 5

RESUMEN

Dispositivo de detección óptica y método de medición distribuida lineal, que utiliza dicho dispositivo, para medir deformaciones mecánicas de materiales y estructuras. El dispositivo comprende una guía de ondas óptica (la cual comprende un núcleo interno y un “cladding” externo) y material de recubrimiento. Dicha guía de ondas óptica comprende al menos un tramo que se denomina unidad de detección, la cual comprende uno o dos segmentos sin dicho “cladding” externo, y donde dicho núcleo interno de dicho o dichos segmentos están cubiertos con dicho material de recubrimiento. El método comprende los pasos: a) Ubicar al menos uno de dichos dispositivos de detección óptica en un material o estructura; b) Iluminar a dichos dispositivos con un reflectómetro óptico en el dominio del tiempo (“OTDR”); c) Ajustar el rango dinámico y la resolución de dicho “OTDR” hasta detectar el evento de cada unidad de detección; d) Obtener la traza del “OTDR”; e) Monitorear variaciones en tiempo real en la absorción de los eventos del paso c); y f) Obtener la magnitud de las deformaciones mecánicas de dicho material o estructura.