

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 469 851**

(51) Int. Cl.:

G01M 5/00 (2006.01)
G01B 7/16 (2006.01)
G01S 17/46 (2006.01)
G01S 17/06 (2006.01)
G01B 11/02 (2006.01)
G01B 11/16 (2006.01)
G01L 1/22 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.08.2010 E 10761054 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2014 EP 2467671**

(54) Título: **Indicador de deformaciones y sistema de localización espacial de dichos indicadores**

(30) Prioridad:

17.08.2009 FR 0955694

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

20.06.2014

(73) Titular/es:

**EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE AND SPACE COMPANY EADS FRANCE (100.0%)
37, Boulevard de Montmorency
75016 Paris, FR**

(72) Inventor/es:

**SWIERGIEL, NICOLAS;
BOSQUET, CATHERINE y
DIDIERJEAN, SÉBASTIEN**

(74) Agente/Representante:

MORGADES MANONELLES, Juan Antonio

ES 2 469 851 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

Indicador de deformaciones y sistema de localización espacial de dichos indicadores

- 5 La presente invención se refiere a un indicador de deformaciones cuya posición y orientación sobre la superficie de un objeto se puede detectar ópticamente. La presente invención se refiere asimismo un sistema y un método de localización espacial de dichos indicadores dispuestos en la superficie de un objeto tal como una estructura de aeronave.
- 10 Se conoce la realización de ensayos de estructuras en aeronaves completas para validar los cálculos predictivos realizados aguas arriba, mediante modelizaciones numéricas, del rendimiento estructural de nuevas estructuras aeronáuticas (ala de avión...). Dichos cálculos predictivos permiten que los fabricantes tomen efectivamente decisiones estratégicas tempranas durante el desarrollo de los productos.
- 15 Dichos ensayos de estructuras son habitualmente de dos tipos: ensayos de carga estática y ensayos de fatiga dinámica. Durante dichos ensayos, unos gatos crean unas cargas que se aplican sobre la estructura de la aeronave, por ejemplo para reproducir determinadas cargas que se producen durante el vuelo.
- 20 El comportamiento de la estructura como respuesta a dichos esfuerzos se sigue de un modo permanente mediante unos sensores dispuestos en la superficie de la estructura que se está estudiando.
- Dichos sensores son indicadores de deformaciones, denominados asimismo extensímetros, midiendo cada uno la deformación local de la estructura.
- 25 Cada uno de dichos indicadores de deformaciones comprende por lo tanto un elemento destinado a extenderse reversiblemente por la acción de un esfuerzo aplicado al producirse una variación de su resistencia. Dicho alargamiento se produce a lo largo de un eje que define el eje de medición del indicador. Al medir dicha variación muy reducida en la resistencia, se pueden considerar las deformaciones que se ejercen en la zona de medición del indicador en la estructura que se está estudiando.
- 30 Sin embargo, se requiere una pluralidad de indicadores, habitualmente superior a 1000 para los ensayos de estructuras a gran escala, lo que implica la utilización de sistemas multicanal y especializados de captura de datos.
- 35 Cada uno de dichos indicadores se monta manualmente en la estructura por operarios cualificados. Dicho montaje constituye una tarea particularmente laboriosa ya que resulta necesario para cablear y calibrar cada indicador.
- Cada indicador debe presentar una posición definida estrictamente en la estructura para corresponder a los cálculos e identificarse individualmente a fin de permitir la asociación de una medida con una zona puntual precisa de la estructura real que se está estudiando.
- 40 Sin embargo, se observan imprecisiones en el posicionamiento de determinados indicadores que pueden producir, por ejemplo, inexactitudes en la orientación angular del eje de medición de dichos indicadores, incluso en su punto de disposición real con respecto a la posición teórica.
- 45 Dichas imprecisiones provocan diferencias residuales que distorsionan de este modo la comparación entre la resistencia calculada y la resistencia real a los esfuerzos de las partes estructurales.
- Los documentos DE10038450 y JP09005013 describen indicadores de deformaciones que se basan en la variación de la resistencia eléctrica con las marcas visuales de alineación.
- 50 Resultaría, por lo tanto, muy interesante disponer un sistema que permitiera identificar fácilmente la posición exacta y la orientación de los indicadores de deformaciones en la estructura real para permitir una comparación más precisa entre el comportamiento de la estructura real y los valores estimados mediante simulación numérica.
- 55 Por consiguiente, el objetivo de la presente invención es proporcionar un indicador de deformaciones simple en su diseño y en su modo de funcionamiento, económico, que permita una lectura precisa de la posición del indicador en la superficie de una estructura, así como de su eje de medición.
- 60 Un objetivo adicional de la presente invención es un sistema y un método de localización espacial de dichos indicadores de deformaciones dispuestos en la superficie exterior de un objeto, tal como una estructura de una aeronave, simples en su diseño y en su modo de funcionamiento, fiables y que permitan capturar directamente las posiciones de los indicadores en la superficie de dicho objeto.
- 65 Para ello, la presente invención se refiere a un indicador de deformaciones que comprende un sustrato de soporte de un elemento destinado a extenderse reversiblemente debido a la acción de un esfuerzo aplicado al producirse

una variación de su resistencia eléctrica, extendiéndose dicho elemento a lo largo de un eje de medición de dicho indicador.

- 5 Según la presente invención, el indicador de deformaciones comprende por lo menos una diana de contraste apto para reflejar un haz de luz incidente, disponiéndose dicha por lo menos una diana de contraste en el indicador en una posición predeterminada que permita determinar el centro y el eje de medición de dicho indicador de deformaciones para detectar la posición de dicha por lo menos una diana de contraste, siendo dicha diana de contraste una diana retrorrefectora.
- 10 Preferentemente, dicha detección de las dianas de contraste y, por consiguiente, de los indicadores, se realiza mediante la proyección de un patrón de luz emitido por una fuente luminosa, tal como una fuente de láser, sobre la superficie de las dianas y la detección del reflejo de dicho patrón de luz mediante la estructura y dichas dianas.
- 15 En diversas formas de realización de dicho indicador de deformaciones, la presente invención se refiere asimismo a las características siguientes que deben considerarse independientemente o según cualquier combinación técnicamente posible:
- dicha por lo menos una diana de contraste se dispone en la superficie exterior del sustrato de soporte de dicho indicador de deformaciones.
- 20 De este modo, dicha por lo menos una diana de contraste se puede integrar directamente al indicador de deformaciones.
- 25 Alternativamente, se puede(n) añadir dicha(s) diana(s) de contraste. A título puramente ilustrativo, dicha(s) diana(s) de contraste se pueden disponer de este modo sobre un soporte tal como un parche, comprendiendo dicho soporte una abertura destinada a alojar el indicador de deformaciones de tal modo que la(s) diana(s) de contraste se disponen alrededor de dicho indicador, entrando este último directamente en contacto con la superficie del objeto a medir. Dicho soporte puede presentar por lo tanto forma de C, de U, de T, o incluso presentar una forma cuadrada o rectangular con una abertura central con las dimensiones del indicador de deformaciones.
- 30 - el indicador de deformaciones comprende una única diana de contraste, que comprende por lo menos un elemento de marcado que permite determinar el eje de medición de dicho indicador de deformaciones.
- 35 A título puramente ilustrativo, dicha diana de contraste es un disco que presenta una ranura de posicionamiento que marca el eje de medición del indicador de deformaciones. Alternativamente, dicha diana de contraste puede presentar forma de elipse, o respectivamente de cruz, con uno de los ejes de la elipse, o respectivamente uno de los brazos de dicha cruz definiendo el eje de medición del indicador de deformaciones.
- La posición del centro del indicador de deformaciones estará por lo tanto predeterminada y se conocerá con respecto al centro de dicha diana de contraste.
- 40 - el indicador comprende dos dianas de contraste alineadas a lo largo del eje de medición y dispuestas equidistantes del centro de dicho indicador de deformaciones,
- el indicador comprende tres dianas de contraste no alineadas y dispuestas en la superficie exterior de dicho sustrato de tal modo que se permita una determinación del centro de dicho indicador de deformaciones por triangulación, presentando una de dichas dianas de contraste una forma y/o unas dimensiones distintas de las otras dos dianas de contraste y disponiéndose en dicho eje de medición pasando por el centro de dicho indicador de deformaciones,
- 45 - dichas dianas de contraste son dianas circulares retrorreflectoras,
- 50 - el indicador comprende además un elemento de identificación dispuesto en la superficie exterior de dicho sustrato, permitiendo dicho elemento de identificación identificar individualmente dicho indicador.
- Dicho elemento de identificación puede ser una etiqueta que presente un signo de autentificación registrado sin codificación, tal como un código de barras, introduciéndose las características de dicho signo en una base de datos para vincular la posición del indicador con su identificación. Preferentemente, dicha etiqueta comprende en su superficie posterior una cara adhesiva cuya posición se puede corregir. Alternativamente, dicha etiqueta puede comprender un ribete metálico con una composición particular de aleación que responda únicamente a una frecuencia determinada.
- 60 La presente invención se refiere por último a un sistema de localización espacial de indicadores de deformaciones dispuestos en la superficie exterior de un elemento estructural.
- Según la presente invención,
- 65 - dichos indicadores de deformaciones son indicadores de deformaciones tales como se ha descrito anteriormente,

- dicho sistema comprende un sistema de medición óptica que permite determinar, en una zona de observación de dicho sistema, la posición tridimensional de la(s) diana(s) de contraste de cada uno de dichos indicadores de deformaciones en un sistema de coordenadas vinculado a dicho elemento estructural, y

- 5 - una unidad de cálculo que permite determinar, a partir de la posición tridimensional de dichas dianas de contraste dispuestos en la zona de observación, la posición del centro de cada indicador y la orientación de dicho indicador en el sistema de coordenadas vinculado con dicho elemento estructural.

Dicho sistema de medición óptica es un sistema de medición sin contacto.

- 10 En diversas formas de realización de dicho sistema de localización, la presente invención se refiere asimismo a las características siguientes que deben considerarse independientemente o según cualquier combinación técnicamente posible:

- 15 - el sistema de medición óptica comprende además un dispositivo de lectura para cada uno de dichos elementos de identificación para relacionar con la posición del centro de cada indicador y con su orientación en el sistema de coordenadas vinculado a dicho elemento estructural, una identificación del indicador.

- 20 El elemento de identificación del indicador puede comprender dos pestañas unidas entre sí por una línea de separación, tal como una línea de menor resistencia o una línea precortada, de tal modo que una pestaña se puede desmontar para fijarse al cableado del indicador. Cada una de dichas pestañas presenta, de este modo, el mismo signo de autenticación.

- 25 - el sistema de medición óptica comprende un sensor de medición tridimensional manual autoposicionado que comprende un proyector de patrones de luz láser, un par de por lo menos dos objetivos y fotodetectores, generando dicho sensor imágenes bidimensionales de cada fotodetector y, por lo menos, un procesador de imágenes para procesar dicho par de imágenes bidimensionales.

- 30 Se entiende por "autoposicionado" que el sistema calcule de un modo continuo su propia posición y orientación a partir de las observaciones durante la exploración de la forma geométrica de la superficie del elemento estructural. Para ello, el sistema utiliza un principio de triangulación e incorpora un sensor que capta tanto los puntos bidimensionales de la superficie procedentes de la reflexión del patrón de luz láser sobre la superficie del elemento estructural y los elementos de posicionamiento bidimensional procedentes de la observación de los elementos de posicionamiento.

- 35 Preferentemente, el sistema de medición óptica comprende un sensor de medición que comprende un proyector de patrones de luz para formar un patrón de luz en la superficie de dicho elemento estructural, por lo menos en dicha zona de observación, un par de cámaras destinadas a la captura de un par de imágenes bidimensionales de dicho patrón de luz sobre la superficie de dicho elemento estructural y por lo menos una parte de una pluralidad de elementos de posicionamiento, y un sistema de coordenadas del sensor de medición, fijándose dichos elementos de posicionamiento a dicho miembro estructural de tal modo que dicho elemento estructural y, por consiguiente, dicho sistema de coordenadas del elemento estructural se puede desplazar en el espacio mientras dichos elementos de posicionamiento se detienen en dicho elemento estructural; un procesador de imágenes destinado a obtener a partir de dicho par de imágenes bidimensionales, un par de conjuntos de puntos de superficie bidimensionales procedentes del patrón de luz y un par de conjuntos de elementos de posicionamiento bidimensionales procedentes de dicha por lo menos una parte de una pluralidad de elementos de posicionamiento; un calculador de un punto de superficie tridimensional destinado a calcular una pluralidad de puntos de superficie tridimensionales en dicho sistema de coordenadas del sensor de medición utilizando dicho par de conjuntos de puntos de superficie bidimensionales; un calculador de elementos de posicionamiento tridimensionales destinado a calcular de una pluralidad de elementos de posicionamiento tridimensional en dicho sistema de coordenadas del sensor de medición utilizando dicho par de conjuntos de elementos de posicionamiento bidimensionales; un adaptador de elementos de posicionamiento destinado a calcular los parámetros de transformada para caracterizar una transformación espacial entre dicho sistema de coordenadas del sensor de medición y dicho sistema de coordenadas del elemento estructural, acoplando los elementos correspondientes entre dicho conjunto de elementos de posicionamiento tridimensionales calculados en dicho sistema de coordenadas del sensor de medición y una pluralidad de elementos de posicionamiento tridimensional de referencia en dicho sistema de coordenadas del elemento estructural, obteniéndose dicho conjunto de elementos de posicionamiento tridimensionales a partir de observaciones anteriores; un transformador de puntos de superficie tridimensionales destinado a dicho conjunto de punto de superficie tridimensionales calculados en dicho sistema de coordenadas del sensor de medición en una pluralidad de puntos de superficie tridimensionales transformados en dicho sistema de coordenadas del elemento estructural utilizando dichos parámetros de transformada, un transformador de elementos de posicionamiento tridimensional destinado a transformar dicho conjunto de elementos de posicionamiento tridimensionales calculados en dicho sistema de coordenadas del sensor de medición en una pluralidad de elementos de posicionamiento tridimensional transformados en dicho sistema de coordenadas del elemento estructural de coordenadas utilizando dichos parámetros de transformada, y un generador de elementos de posicionamiento de referencia destinado a acumular dicho conjunto de elementos de posicionamiento tridimensionales para proporcionar y aumentar dicho conjunto de

elementos de posicionamiento tridimensional de referencia. Dicho sistema de medición óptica se describe en la solicitud de patente WO 2006/094409 a nombre de la empresa CREAFORM Inc.

5 En este sentido, el escáner láser tridimensional manual, comercializado con la denominación HANDYSCAN 3D, por la empresa CREAFORM Inc., Bél-Air Street, Lévis, Quebec G6V 6K9 CANADÁ, resulta particularmente apropiado para aplicar la presente invención.

10 Por supuesto, los puntos de superficie de la zona de observación obtenidos a partir de la proyección de un patrón de luz y que permiten determinar la forma geométrica del elemento estructural, comprenden las dianas de contraste de cada indicador.

Ventajosamente, dichos elementos de posicionamiento son elementos naturales de dicho elemento estructural o elementos añadidos.

15 El sistema de medición óptica comprende un emisor inalámbrico destinado a transmitir dicho par de imágenes bidimensionales del sensor de medición tridimensional manual al procesador de imágenes.

20 La unidad de cálculo se conecta mediante un enlace a una unidad de almacenamiento que comprende por lo menos un archivo que recibe la posición y la orientación de cada indicador en un sistema de coordenadas vinculado a dicho elemento estructural, así como la medición de la variación de su resistencia y opcionalmente la identificación de dicho indicador.

25 La presente invención se refiere por último a un sistema de medición de tensiones de un elemento estructural, comprendiendo dicho sistema una pluralidad de indicadores de deformaciones destinados a disponerse en la superficie exterior de dicho elemento estructural para detectar cada una de las tensiones aplicadas en la zona de dicho elemento estructural con la que dicho indicador de deformaciones se encuentra en contacto como un cambio en la resistencia eléctrica de dicho indicador de deformaciones; y una unidad de circuito eléctrico conectada a dicho indicador de deformaciones y que convierte dicho cambio en la resistencia eléctrica en una señal de salida.

30 Según la presente invención,

- dichos indicadores de deformaciones son indicadores de deformaciones tales como se ha descrito anteriormente,
- dicho sistema comprende un sistema de medición óptica que permite determinar, en una zona de observación de dicho sistema de medición, la posición tridimensional de las dianas de contraste de cada uno de dichos indicadores de deformaciones en un sistema de coordenadas vinculado a dicho elemento estructural, y
- una unidad de cálculo que permite determinar, a partir de la posición tridimensional de dichas dianas de contraste dispuestas en dicha zona de observación, la posición del centro de cada indicador y la orientación de dicho indicador en el sistema de coordenadas vinculado con dicho elemento estructural.

40 La presente invención se describirá más detalladamente haciendo referencia a la figura única adjunta que representa una vista en planta superior de un indicador de deformaciones según una forma de realización preferida de la presente invención.

45 La figura única representa una vista en planta superior de un indicador de deformaciones según una forma de realización preferida de la presente invención. Dicho indicador de deformaciones 1 comprende un sustrato de soporte 2 de un elemento 3 destinado a extenderse reversiblemente debido a la acción de un esfuerzo aplicado al producirse una variación de su resistencia, extendiéndose dicho elemento 3 a lo largo de un eje de medición 4 de dicho indicador.

50 El substrato 2 puede ser un soporte flexible, aislante y extensible para seguir la deformación de la estructura, pudiendo dicho sustrato recubrirse con una capa protectora del elemento 3 destinado a extenderse.

55 Dicho indicador 1 comprende dos dianas de contraste 5, 6 aptas para reflejar un haz de luz incidente, disponiéndose dichas dianas de contraste 5, 6 en la superficie exterior del sustrato de soporte 2 en posiciones predeterminadas que permiten determinar la posición del centro teórico y del eje de medición 4 del indicador de deformaciones para la detección óptica de las posiciones de dichas dianas de contraste 5, 6.

60 Ambas dianas de contraste 5, 6 se alinean a lo largo del eje de medición 4 del indicador y se disponen equidistantes desde el centro teórico de dicho indicador de deformaciones 1 de tal modo que la detección de dichas dianas 5, 6 permite determinar muy fácilmente y la posición del centro y el eje de medición del dicho indicador 1.

Dichas dianas de contraste 5, 6 son dianas circulares retrorreflectoras.

65 Dicha detección de las dianas de contraste 5, 6 se realiza ventajosamente mediante la proyección de un patrón de luz emitido por un escáner laser tridimensional manual sobre la superficie de dichas dianas y la detección del reflejo de dicho patrón de luz mediante el elemento estructural y las dianas de contraste 5, 6 de los indicadores 1.

El indicador comprende además un elemento de identificación 7 dispuesto en la superficie exterior de dicho sustrato 2, permitiendo dicho elemento de identificación 7 identificar individualmente dicho indicador 1. Elemento de identificación 7 es en este caso una etiqueta que comprende un código de barras.

- 5 Un lector óptico montado en el escáner láser tridimensional manual permite determinar simultáneamente la posición de las dianas de contraste 5, 6 en un sistema de coordenadas vinculado al elemento estructural de la aeronave y la identificación del indicador 1 para relacionar dichas medidas, que se envían a través de un emisor inalámbrico del escáner láser tridimensional manual hacia una unidad de procesamiento que comprende un procesador de imágenes para tratar las imágenes bidimensionales captadas por el escáner láser tridimensional manual.

10 Dicho escáner láser tridimensional manual de posicionamiento automático, permite ventajosamente captar directamente las posiciones de las dianas de contraste 5, 6.

15 A título meramente ilustrativo, el patrón de luz proyectado por dicho escáner láser tridimensional en la superficie del elemento estructural puede ser una cruz.

20 La presente invención se refiere asimismo a un método de localización espacial de indicadores de deformaciones dispuestos en la superficie exterior de un elemento estructural. Cada uno de dichos indicadores de deformaciones 25 un sustrato de soporte de un elemento destinado a extenderse reversiblemente debido a la acción de un esfuerzo aplicado al producirse una variación de su resistencia, extendiéndose dicho elemento a lo largo de un eje de medición del indicador.

25 Cada uno de dichos indicadores de deformaciones comprende además por lo menos una diana de contraste apta para reflejar un haz de luz incidente, disponiéndose dichas dianas de contraste en cada uno de estos indicadores en una posición predeterminada que permite la determinación del centro y del eje de medición del indicador de deformaciones correspondiente mediante la detección de la posición de dichas dianas de contraste.

30 Se define un sistema de coordenadas vinculado al elemento estructural. A continuación se desplaza a la superficie exterior de dicho elemento estructural un sistema de medición óptica que permite determinar, en una zona de observación de dicho sistema, la posición tridimensional de la(s) diana(s) de contraste de cada uno de dichos indicadores de deformaciones en un sistema de coordenadas.

35 Se determina, a partir de la posición tridimensional de dichas dianas de contraste dispuestas en dicha zona de observación, la posición del centro de cada indicador y la orientación de dicho indicador en el sistema de coordenadas vinculado con dicho elemento estructural.

Preferentemente, se determina simultáneamente el elemento de identificación de cada indicador de deformaciones dispuesto en la zona de observación.

REIVINDICACIONES

1. Indicador de deformaciones que comprende un sustrato (2) de soporte de un elemento (3) destinado a extenderse reversiblemente por la acción de un esfuerzo aplicado al producirse una variación en su resistencia eléctrica, extendiéndose dicho elemento (3) a lo largo de un eje de medición de dicho indicador (1), comprendiendo dicho indicador por lo menos una diana de contraste (5, 6) apta para reflejar un haz de luz incidente, disponiéndose dicha por lo menos una diana de contraste (5, 6) en dicho indicador de deformaciones en una posición predeterminada que permite la determinación del centro y del eje de medición (4) de dicho indicador de deformaciones (1) mediante la detección de la posición de dicha por lo menos una diana de contraste (5, 6), **caracterizado porque** dicha por lo menos una diana de contraste (5, 6) es una diana retrorrefectora.
2. Indicador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende una única diana de contraste retrorrefectora (5, 6), comprendiendo dicha diana por lo menos un elemento de marcado que permite determinar el eje de medición (4) de dicho indicador de deformaciones (1).
3. Indicador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende dos dianas de contraste retrorreflectoras (5, 6) alineadas a lo largo del eje de medición (4) y dispuestas equidistantes del centro de dicho indicador de deformaciones (1).
4. Indicador según la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende tres dianas de contraste retrorreflectoras no alineadas y dispuestas en la superficie exterior de dicho sustrato (2) de tal modo que se permite una determinación del centro de dicho indicador de deformaciones (1) por triangulación, presentando una de dichas dianas de contraste (5, 6) una forma y/o unas dimensiones distintas de las otras dos dianas de contraste (5, 6) y disponiéndose en dicho eje de medición (4) pasando por el centro de dicho indicador de deformaciones.
5. Indicador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** dichas dianas de contraste (5, 6) son dianas circulares retrorreflectoras.
6. Indicador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** comprende además un elemento de identificación (7) dispuesto en la superficie exterior de dicho sustrato (2), permitiendo dicho elemento de identificación (7) identificar individualmente dicho indicador.
7. Sistema de localización espacial de indicadores de deformaciones dispuestos en la superficie exterior de un elemento estructural, en el que:
- dichos indicadores de deformaciones son indicadores de deformaciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
- dicho sistema comprende un sistema de medición óptica que permite determinar, en una zona de observación de dicho sistema de medición, la posición tridimensional de la(s) diana(s) de contraste (5, 6) de cada uno de dichos indicadores de deformaciones en un sistema de coordenadas vinculado a dicho elemento estructural, y
- una unidad de cálculo que permite determinar, a partir de la posición tridimensional de dichas dianas de contraste (5, 6) dispuestas en dicha zona de observación, la posición del centro de cada indicador y la orientación de dicho indicador en el sistema de coordenadas vinculado con dicho elemento estructural.
8. Sistema según la reivindicación 7, en el que dicho sistema de medición óptica comprende además un dispositivo de lectura para cada uno de dichos elementos de identificación (7) para relacionar con la posición del centro de cada indicador (1) y con su orientación en el sistema de coordenadas vinculado a dicho elemento estructural, una identificación de dicho indicador.
9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, en el que dicho sistema de medición óptica comprende un sensor de medición tridimensional manual autoposicionado que comprende un proyector de patrones de luz láser, un par de por lo menos dos objetivos y fotodetectores, generando dicho sensor imágenes bidimensionales de cada fotodetector y, por lo menos, un procesador de imágenes para procesar dicho par de imágenes bidimensionales.
10. Sistema según la reivindicación 9, en el que dicho sistema de medición óptica comprende un emisor inalámbrico destinado a transmitir dicho par de imágenes bidimensionales del sensor de medición tridimensional manual a dicho procesador de imágenes.
11. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que dicha unidad de cálculo se conecta mediante un enlace a una unidad de almacenamiento que comprende por lo menos un archivo que recibe la posición y la orientación de cada indicador en un sistema de coordenadas vinculado a dicho elemento estructural, así como la medición de la variación de su resistencia eléctrica y opcionalmente la identificación de dicho indicador.
12. Método de localización espacial de indicadores de deformaciones dispuestos en la superficie exterior de un elemento estructural, en el que

- dichos indicadores de deformaciones son indicadores de deformaciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
 - se define un sistema de coordenadas vinculado a dicho elemento estructural,
 - se desplaza a la superficie exterior de dicho elemento estructural un sistema de medición óptica que permite determinar, en una zona de observación de dicho sistema, la posición tridimensional de la(s) diana(s) de contraste retrorreflectoras (5, 6) de cada uno de dichos indicadores de deformaciones en un sistema de coordenadas, y
 - se determina, a partir de la posición tridimensional de dichas dianas de contraste retrorreflectoras (5, 6) dispuestas en dicha zona de observación, la posición del centro de cada indicador y la orientación de dicho indicador en el sistema de coordenadas vinculado con dicho elemento estructural.
- 5 10 13. Método de localización según la reivindicación 12, **caracterizado porque** se determina simultáneamente el elemento de identificación (7) de cada uno de dichos indicadores de deformaciones dispuestos en dicha zona de observación.
- 15 20 14. Sistema de medición de tensiones de un elemento estructural, comprendiendo dicho sistema una pluralidad de indicadores de deformaciones destinados a disponerse en la superficie exterior de dicho elemento estructural para detectar cada una de las tensiones aplicadas en la zona de dicho elemento estructural con la que dicho indicador de deformaciones se encuentra en contacto como un cambio en la resistencia eléctrica de dicho indicador de deformaciones; y una unidad de circuito eléctrico conectada a dicho indicador de deformaciones y que convierte dicho cambio en la resistencia eléctrica en una señal de salida, **caracterizado porque**
- dichos indicadores de deformaciones son indicadores de deformaciones según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
 - dicho sistema comprende un sistema de medición óptica que permite determinar, en una zona de observación de dicho sistema de medición, la posición tridimensional de la(s) diana(s) de contraste retrorreflectoras (5, 6) de cada uno de dichos indicadores de deformaciones en un sistema de coordenadas vinculado a dicho elemento estructural, y
 - una unidad de cálculo que permite determinar, a partir de la posición tridimensional de dichas dianas de contraste (5, 6) dispuestas en dicha zona de observación, la posición del centro de cada indicador y la orientación de dicho indicador en el sistema de coordenadas vinculado con dicho elemento estructural.
- 25 30

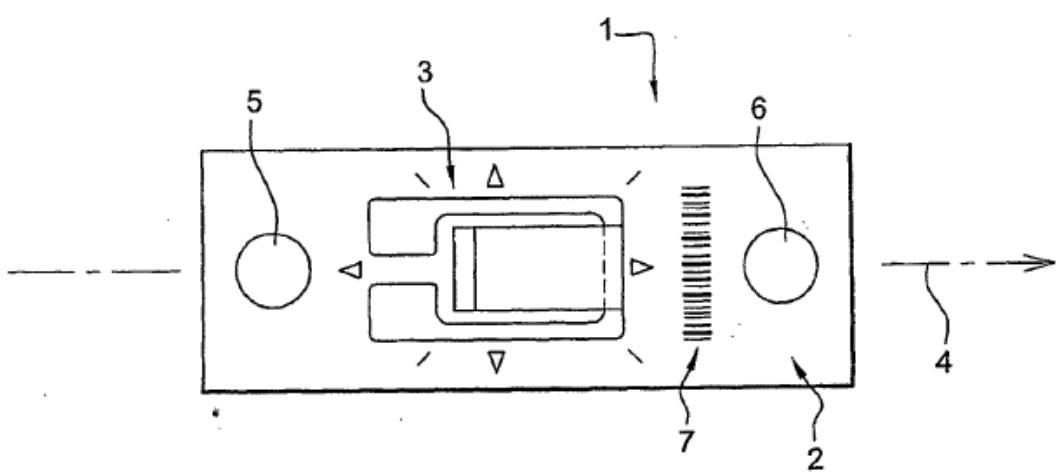


Figura única

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *La presente lista de referencias citadas por el solicitante se presenta únicamente para la comodidad del lector y no forma parte del documento de patente europea. Aunque la recopilación de las referencias se ha realizado muy cuidadosamente, no se pueden descartar errores u omisiones y la Oficina Europea de Patentes declina toda responsabilidad en este sentido.*

10 **Documentos de patente citados en la descripción**

- DE 10038450 [0012]
- JP 09005013 B [0012]
- WO 2006094409 A [0025]