Office de la Propriété Intellectuelle du Canada
Un organisme d'Industrie Canada

Canadian Intellectual Property Office
An agency of Industry Canada

CA 2770597 A1 2011/02/24

(21) 2 770 597

(12) DEMANDE DE BREVET CANADIEN
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) A1

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2010/08/12
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2011/02/24
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2012/02/08
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2010/051708
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2011/020968
(30) Priorité/Priority: 2009/08/17 (FR0955694)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *G01B 7/16* (2006.01), *G01B 11/02* (2006.01), *G01M 5/00* (2006.01), *G01S 17/06* (2006.01), *G06T 7/00* (2006.01), *G01B 5/30* (2006.01), *G01B 11/16* (2006.01), *G01L 1/22* (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:
EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE AND SPACE COMPANY EADS FRANCE, FR

(72) Inventeurs/Inventors:
SWIERGIEL, NICOLAS, FR;
BOSQUET, CATHERINE, FR;
DIDIERJEAN, SEBASTIEN, FR

(74) Agent: BCF LLP

(54) Titre : JAUGE DE DEFORMATION ET SYSTEME DE LOCALISATION SPATIALE DE TELLES JAUGES
(54) Title: STRAIN GAUGE, AND SYSTEM FOR SPATIALLY LOCATING SUCH GAUGES

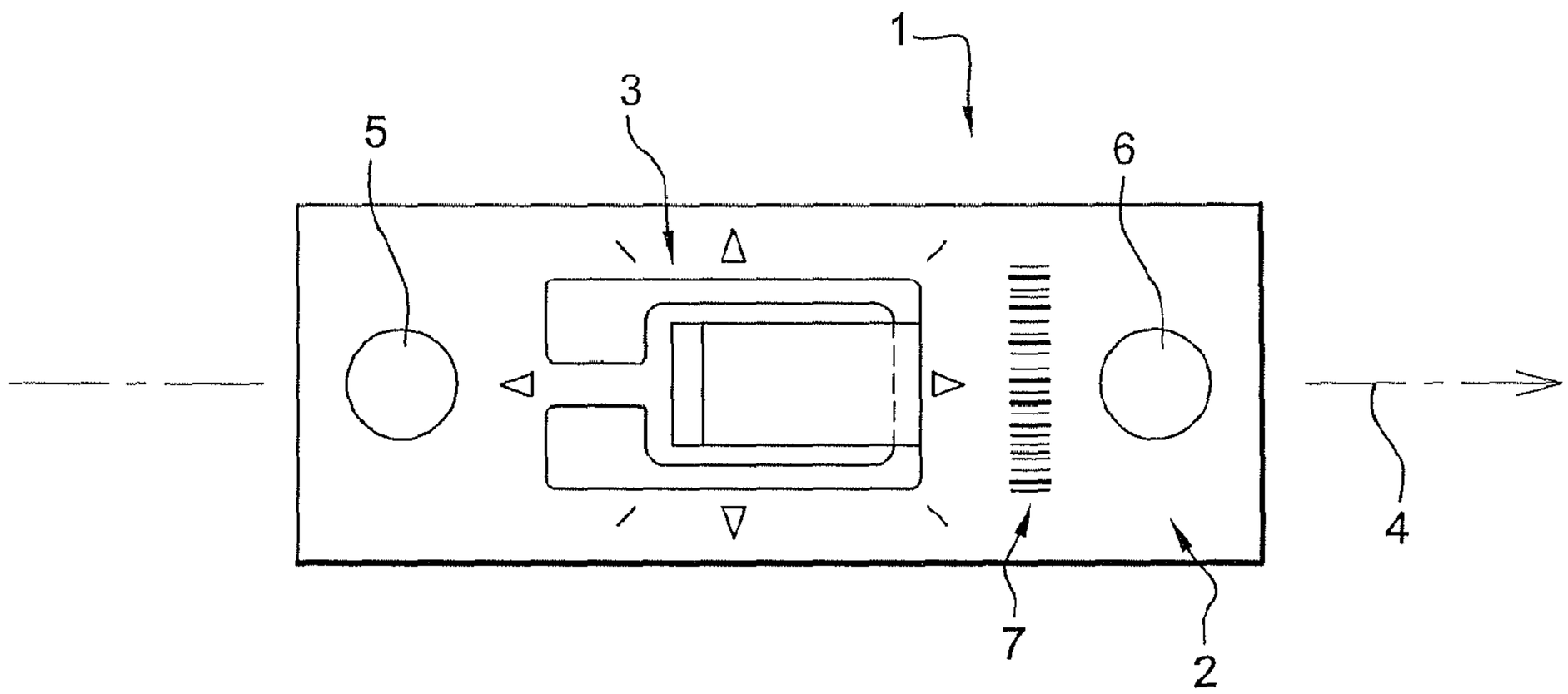


Figure unique

(57) Abrégé/Abstract:
L'invention concerne une jauge de déformation comprenant un substrat (2) support d'un élément (3) destiné à s'allonger réversiblement sous l'action d'un effort appliqué en exhibant une variation de sa résistance, ledit élément (3) s'allongeant le long d'un axe de mesure de ladite jauge. Selon l'invention, cette jauge comprend au moins une cible de contraste (5, 6) apte à réfléchir un faisceau lumineux incident, ladite au moins une cible de contraste (5, 6) étant placée sur ladite jauge dans une position prédéterminée permettant la détermination du centre et de l'axe de mesure (4) de ladite jauge de déformation (1) par la détection de la position de ladite au moins une cible de contraste (5, 6).

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
24 février 2011 (24.02.2011)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/020968 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01B 7/16 (2006.01) ***G06T 7/00*** (2006.01)
G01M 5/00 (2006.01) *G01B 5/30* (2006.01)
G01S 17/06 (2006.01) *G01B 11/16* (2006.01)
G01B 11/02 (2006.01) *G01L 1/22* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/051708

(22) Date de dépôt international :
12 août 2010 (12.08.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0955694 17 août 2009 (17.08.2009) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **EUROPEAN AERONAUTIC DEFENCE AND SPACE COMPANY EADS FRANCE** [FR/FR]; 37, Boulevard de Montmorency, F-75016 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et
(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **SWIERGIEL, Nicolas** [FR/FR]; 10 Sente des Sables, F-77420 Champs Sur Marne (FR). **BOSQUET, Catherine** [FR/FR]; 98 rue Pierre Brossolette, F-92320 Chatillon Sous Bagneux (FR). **DIDIERJEAN, Sébastien** [FR/FR]; 55 avenue d'Italie, F-31400 Toulouse (FR).

(74) Mandataire : **COQUEL, Jean-Marc**; SCHMIT-CHRETIEN-SCHIHIN, 111, Cours du Médoc, CS40 009, F-33070 Bordeaux Cedex (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : STRAIN GAUGE, AND SYSTEM FOR SPATIALLY LOCATING SUCH GAUGES

(54) Titre : JAUGE DE DÉFORMATION ET SYSTÈME DE LOCALISATION SPATIALE DE TELLES JAUGES

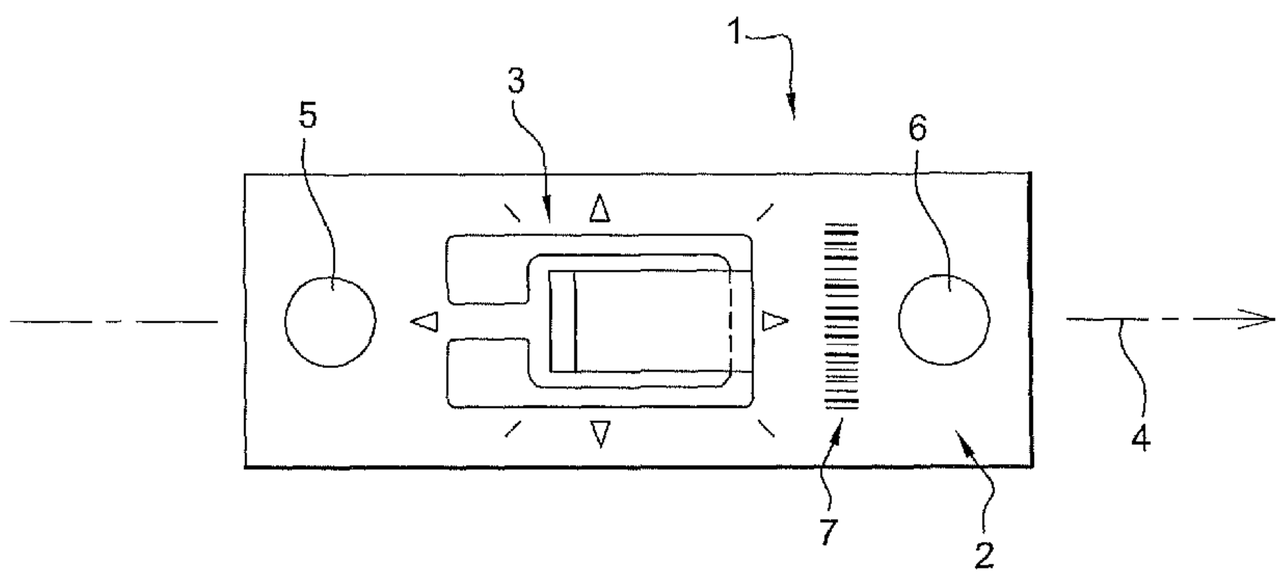


Figure unique

(57) Abstract : The invention relates to a strain gauge including a substrate (2) for mounting an element (3) to be reversibly lengthened by means of a force applied while displaying a variation in the resistance thereof, said element (3) lengthening itself along an axis for measurement by said gauge. According to the invention, said gauge includes at least one contrast target (5, 6) capable of reflecting an incident light beam, said at least one contrast target (5, 6) being placed on said gauge in a predetermined position that makes it possible to predetermine the center of the axis (4), for measurement by said strain gauge (1), by detecting the position of said at least one contrast target (5, 6).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2011/020968 A1

WO 2011/020968 A1

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))*

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

L'invention concerne une jauge de déformation comprenant un substrat (2) support d'un élément (3) destiné à s'allonger réversiblement sous l'action d'un effort appliqué en exhibant une variation de sa résistance, ledit élément (3) s'allongeant le long d'un axe de mesure de ladite jauge. Selon l'invention, cette jauge comprend au moins une cible de contraste (5, 6) apte à réfléchir un faisceau lumineux incident, ladite au moins une cible de contraste (5, 6) étant placée sur ladite jauge dans une position prédéterminée permettant la détermination du centre et de l'axe de mesure (4) de ladite jauge de déformation (1) par la détection de la position de ladite au moins une cible de contraste (5, 6).

Jauge de déformation et système de localisation spatiale de telles jauges

La présente invention concerne une jauge de déformation dont la position et l'orientation à la surface d'un objet est détectable optiquement. L'invention concerne encore un système et une méthode de localisation spatiale de telles jauges placées à la surface d'un objet tel qu'une structure d'aéronef.

Il est connu de réaliser des essais de structure sur des aéronefs complets afin de valider les calculs prédictifs réalisés en amont par modélisations numériques, des performances structurales de nouvelles structures aéronautiques (voilure d'avion, ...). Ces calculs prédictifs permettent en effet aux constructeurs de prendre très tôt des décisions stratégiques sur les produits en cours de développement.

Ces essais de structure sont typiquement de deux types : des essais de mise en charge statique et des essais de fatigue dynamiques. Lors de ces essais, des vérins développent des charges qui sont appliquées sur la structure de l'aéronef, par exemple pour récréer certaines charges rencontrées en vol.

Le comportement de la structure en réponse à ces sollicitations est alors suivi de façon permanente au moyen de capteurs positionnés à la surface de la structure sous essai.

Ces capteurs sont des jauges de déformation, encore appelées jauges de contrainte, mesurant chacune la déformation locale de la structure.

Chacune de ces jauges de déformation comporte ainsi un élément destiné à s'allonger réversiblement sous l'action d'un effort appliqué en exhibant une variation de sa résistance. Cet allongement s'opère le long d'un

axe définissant l'axe de mesure de la jauge. En mesurant cette variation très faible de résistance, on peut remonter aux déformations s'exerçant dans la zone de mesure de la jauge dans la structure sous essai.

Or, une multitude de jauges, typiquement plus de 1000, est nécessaire pour des essais de structure à grande échelle, ce qui exige le recours à des systèmes d'acquisition de données multicanaux et spécialisés.

Chacune de ces jauges étant montée manuellement sur la structure par des opérateurs qualifiés, ce montage est une tâche particulièrement laborieuse d'autant plus qu'il est nécessaire de câbler et calibrer chaque jauge.

Chaque jauge doit avoir une position strictement définie sur la structure pour correspondre aux calculs et être identifiée individuellement afin de permettre l'association d'une mesure avec une zone ponctuelle précise de la structure réelle sous essai.

Or, on observe des imprécisions dans le positionnement de certaines jauges pouvant résulter par exemple en une imprécision dans l'orientation angulaire de l'axe de mesure de ces jauges, voire dans leur point de placement réel par rapport au positionnement théorique.

Ces imprécisions introduisent des écarts résiduels faussant ainsi la comparaison entre la tenue aux efforts de pièces structurelles calculées et de pièces structurelles réelles.

Il serait, par conséquent, fortement intéressant de disposer d'un système permettant de relever aisément la position exacte et l'orientation des jauges sur la structure réelle afin d'autoriser une comparaison plus fine entre le comportement de la structure réelle et les valeurs estimées par simulation numérique.

L'objectif de la présente invention est donc de proposer une jauge de déformation simple dans sa conception et dans son mode opératoire, économique, autorisant un relevé précis de la position de la jauge à la surface d'une structure ainsi que de son axe de mesure.

Un autre objet de la présente invention est un système et une méthode de localisation spatiale de ces jauges de déformation placées à la surface externe d'un objet tel qu'une structure d'aéronef, simples dans leur conception et dans leur mode opératoire, fiables et permettant une prise à la volée des positions des jauges à la surface de cet objet.

A cet effet, l'invention concerne une jauge de déformation comprenant un substrat support d'un élément destiné à s'allonger réversiblement sous l'action d'un effort appliqué en exhibant une variation de sa résistance, cet élément s'allongeant le long d'un axe de mesure de ladite jauge.

Selon l'invention, cette jauge de déformation comprend au moins une cible de contraste apte à réfléchir un faisceau lumineux incident, ladite au moins une cible de contraste étant placée sur la jauge dans une position prédéterminée permettant la détermination du centre et de l'axe de mesure de ladite jauge de déformation par la détection de la position de ladite au moins une cible de contraste.

De préférence, cette détection des positions des cibles de contraste, et par conséquent des jauges, est réalisée par la projection d'un motif lumineux émis par une source lumineuse telle qu'une source laser à la surface de ces cibles et la détection de la réflexion de ce motif lumineux par la structure et ces cibles.

Dans différents modes de réalisation de cette jauge de déformation, la présente invention concerne également les caractéristiques suivantes qui devront être considérées isolément ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles :

- ladite au moins une cible de contraste est placée sur la surface externe du substrat support de ladite jauge de déformation,

Ladite au moins une cible de contraste peut ainsi être directement intégrée à la jauge de déformation.

Alternativement, cette ou ces cibles de contraste peuvent être rapportées. A titre purement illustratif, cette ou ces cibles de contraste peuvent ainsi être placées sur un support tel qu'un patch, ce support comportant une ouverture destinée à recevoir la jauge de déformation de sorte que la ou les cibles de contraste sont placées autour de cette jauge, cette dernière étant alors directement en contact avec la surface de l'objet à mesurer. Ce support peut ainsi avoir une forme de C, de U, de T ou encore être de forme carrée ou rectangulaire avec une ouverture centrale aux dimensions de la jauge de déformation.

- la jauge de déformation comprend une seule cible de contraste, laquelle comporte au moins un élément de marquage permettant de déterminer l'axe de mesure de cette jauge de déformation,

A titre purement illustratif, cette cible de contraste est un disque comportant une rainure repérant l'axe de mesure de la jauge de déformation. Alternativement, cette cible de contraste peut avoir la forme d'une ellipse, ou respectivement d'une croix, l'un des axes de l'ellipse, ou respectivement l'une des branches de cette croix, définissant l'axe de mesure de la jauge de déformation.

La position du centre de la jauge de déformation est alors prédéterminée et connue par rapport au centre de cette cible de contraste.

- la jauge comprend deux cibles de contraste alignées le long de l'axe de mesure et placées de manière équidistante du centre de ladite jauge de déformation,
- la jauge comprend trois cibles de contraste non alignées et placées à la surface externe dudit substrat de manière à autoriser une détermination du centre de ladite jauge de déformation par triangulation, une desdites cibles de contraste ayant une forme et/ou des dimensions différentes des deux autres cibles de contraste et étant placée sur ledit axe de mesure passant par le centre de ladite jauge,
- ces cibles de contraste sont des cibles circulaires rétro-réflectives,
- la jauge comporte de plus un élément d'identification placé à la surface externe dudit substrat, ledit élément d'identification permettant d'identifier ladite jauge individuellement.

Cet élément d'identification peut être une étiquette comportant un signe d'authentification inscrit en clair tel qu'un code à barres, les caractéristiques de ce signe étant introduite dans une base de données afin de relier la position de la jauge et son identification. De préférence, cette étiquette comporte alors sur sa face arrière une face adhésive repositionnable. Alternativement, cette étiquette peut comporter un liseré métallique à composition particulière d'alliage ne répondant qu'à une fréquence donnée.

L'invention concerne enfin un système de localisation spatiale de jauges de déformation placées à la surface externe d'un élément structurel.

Selon l'invention,

- lesdites jauges de déformation sont des jauges de déformation telle que décrites précédemment,
- ledit système comprend un système de mesure optique permettant de déterminer, dans une zone d'observation de ce système, la position

tridimensionnelle de la ou des cibles de contraste de chacune de ces jauges de déformation dans un système de coordonnées lié à cet élément structurel, et

- une unité de calcul permettant de déterminer à partir de la position tridimensionnelle de ces cibles de contraste placées dans la zone d'observation, la position du centre de chaque jauge et l'orientation de cette jauge dans le système de coordonnées lié à cet élément structurel.

Ce système de mesure optique est un système de mesure sans contact.

Dans différents modes de réalisation de ce système de localisation, la présente invention concerne également les caractéristiques suivantes qui devront être considérées isolément ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles :

- le système de mesure optique comporte de plus un appareil de lecture de chacun desdits éléments d'identification afin d'associer à la position du centre de chaque jauge et de son orientation dans le système de coordonnées lié audit élément structurel, une identification de la jauge,
L'élément d'identification de la jauge peut comprendre deux volets reliés entre eux par une ligne de séparation telle qu'une ligne de moindre résistance ou ligne prédécoupée, de sorte qu'un volet est amovible pour être fixé sur le câblage de la jauge. Chacun de ces volets comporte alors le même signe d'authentification.

- le système de mesure optique comporte un capteur de mesure tridimensionnelle à main autopositionné comportant un projecteur de motifs lumineux laser, une paire d'au moins deux objectifs et photodétecteurs, ce capteur générant des images 2D à partir de chaque photodétecteur, et au moins un processeur d'images pour traiter ladite paire d'images 2D,

On entend par « autopositionné » que le système calcule en permanence sa propre position et orientation à partir d'observations tout en scannant la géométrie de surface de l'élément structurel. Pour cela, le système exploite un principe de triangulation et intègre un capteur qui capture à la fois les points de surface 2D provenant de la réflexion du motif lumineux laser sur la surface de l'élément structurel et les éléments de positionnement 2D provenant de l'observation des éléments de positionnement.

De préférence, le système de mesure optique comprend un capteur de mesure comportant un projecteur de motifs lumineux pour former un motif lumineux à la surface dudit élément structurel au moins dans ladite zone d'observation, une paire de caméras pour acquérir une paire d'images bidimensionnelles dudit motif lumineux à la surface dudit élément structurel et au moins une partie d'un ensemble d'éléments de positionnement, et un système de coordonnées du capteur de mesure, lesdits éléments de positionnement étant fixés audit élément structurel de sorte que cet élément structurel et, en conséquence, ledit système de coordonnées de l'élément structurel peut être déplacé dans l'espace tandis que lesdits éléments de positionnement sont à l'arrêt sur ledit élément structurel ; un processeur d'images pour extraire à partir de ladite paire d'images 2D, une paire d'ensembles de points de surface 2D provenant du motif lumineux et une paire d'ensembles d'éléments de positionnement 2D provenant de ladite au moins une partie d'un ensemble d'éléments de positionnement ; un calculateur de point de surface 3D pour calculer un jeu de points de surface 3D dans ledit système de coordonnées du capteur de mesure en utilisant ladite paire d'ensembles de points de surface 2D ; un calculateur d'éléments de positionnement 3D pour calculer un jeu d'éléments de positionnement 3D dans ledit système de coordonnées du capteur de mesure en utilisant ladite paire d'ensembles d'éléments de positionnement 2D ; un adaptateur d'éléments de positionnement pour calculer par informatique les paramètres de transformée pour caractériser une transformation spatiale entre ledit système de coordonnées du capteur de mesure et ledit système de coordonnées de l'élément structurel, en couplant les éléments correspondants entre ledit jeu d'éléments de positionnement 3D calculés dans ledit système de coordonnées du capteur de mesure et un jeu d'éléments de positionnement 3D de référence dans ledit système de coordonnées de l'élément structurel, ledit jeu d'éléments de positionnement 3D de référence étant obtenu d'observations antérieures ; un transformateur de points de surface 3D pour transformer ledit jeu de points de surface 3D calculés dans ledit système de coordonnées du capteur de mesure en un jeu de points de surface 3D transformés dans ledit système de coordonnées de l'élément structurel en utilisant lesdits paramètres de transformée, un transformateur d'éléments de positionnement 3D pour transformer ledit jeu d'éléments de

positionnement 3D calculés dans ledit système de coordonnées du capteur de mesure en un jeu d'éléments de positionnement 3D transformés dans ledit système de coordonnées de l'élément structurel en utilisant lesdits paramètres de transformée, et un générateur d'éléments de positionnement de référence pour cumuler ledit jeu d'éléments de positionnement 3D transformés pour approvisionner et augmenter ledit jeu d'éléments de positionnement 3D de référence. Un tel système de mesure optique est décrit dans la demande de brevet WO 2006/094409 au nom de la société CREAFORM Inc.

A ce titre, le scanneur laser 3D à main, commercialisé sous la dénomination HANDYSCAN 3D, par la société CREAFORM Inc., Bél-air Street, Lévis, Québec G6V 6K9 CANADA, est particulièrement approprié à la mise en œuvre de l'invention.

Bien entendu, les points de surface dans la zone d'observation obtenus à partir de la projection d'un motif lumineux et permettant de déterminer la géométrie de l'élément structurel, comprennent notamment les cibles de contraste de chaque jauge.

Avantageusement, lesdits éléments de positionnement sont des éléments naturels dudit élément structurel ou des éléments rapportés.

- le système de mesure optique comporte un émetteur sans fil pour transmettre la paire d'images 2D du capteur de mesure tridimensionnelle à main au processeur d'images,
- l'unité de calcul est reliée par une liaison à une unité de stockage comprenant au moins un fichier recevant la position et l'orientation de chaque jauge dans un système de coordonnées lié audit élément structurel ainsi que la mesure de la variation de sa résistance et éventuellement l'identification de ladite jauge.

L'invention concerne enfin un système de mesure de contraintes d'un élément structurel, ledit système comprenant un ensemble de jauges de déformation destinées à être placées à la surface externe dudit élément structurel pour détecter chacune la contrainte s'appliquant à la zone dudit élément structurel avec laquelle ladite jauge de déformation est en contact comme un changement dans la résistance électrique de ladite jauge de déformation; et une unité de circuit électrique reliée à ladite jauge de

déformation et convertissant ledit changement de résistance électrique en un signal de sortie.

Selon l'invention,

- ces jauges de déformation sont des jauges de déformation telles que décrites précédemment,
- ledit système comprend un système de mesure optique permettant de déterminer, dans une zone d'observation de ce système de mesure, la position tridimensionnelle des cibles de contraste de chacune desdites jauges de déformation dans un système de coordonnées lié audit élément structurel, et
- une unité de calcul permettant de déterminer à partir de la position tridimensionnelle desdites cibles de contraste placées dans ladite zone d'observation, la position du centre de chaque jauge et l'orientation de ladite jauge dans le système de coordonnées lié audit élément structurel.

L'invention sera décrite plus en détail en référence à l'unique figure annexée représentant une vue de dessus d'une jauge de déformation selon un mode de réalisation préféré de l'invention;

La Figure unique montre une vue de dessus d'une jauge de déformation selon un mode de réalisation préféré de l'invention. Cette jauge de déformation 1 comprend un substrat 2 support d'un élément 3 destiné à s'allonger réversiblement sous l'action d'une contrainte appliquée en exhibant une variation de sa résistance, cet élément 3 s'allongeant le long d'un axe de mesure 4 de la jauge.

Le substrat 2 peut être un support souple isolant et extensible pour suivre la déformation de la structure, ce substrat pouvant être revêtu d'un revêtement de protection de l'élément 3 destiné à s'allonger.

Cette jauge 1 comprend deux cibles de contraste 5, 6 aptes à réfléchir un faisceau lumineux incident, ces cibles de contraste 5, 6 étant placées sur la surface externe du substrat 2 support dans des positions prédéterminées permettant la détermination du centre théorique et de l'axe de mesure 4 de la jauge de déformation par la détection optique des positions de ces cibles de contraste 5, 6.

Ces deux cibles de contraste 5, 6 sont alignées le long de l'axe de mesure 4 de la jauge et placées de manière équidistante du centre théorique

de cette jauge de déformation 1 de sorte que la détection de ces cibles 5, 6 permet de déterminer très aisément la position du centre et l'axe de mesure de cette jauge 1.

Ces cibles de contraste 5, 6 sont ici des cibles circulaires rétro-réflectives.

Cette détection des positions des cibles de contraste 5, 6 est avantageusement réalisée par la projection d'un motif lumineux émis par un scanneur laser 3D à main à la surface de ces cibles et la détection de la réflexion de ce motif lumineux par l'élément de structure et les cibles de contraste 5, 6 des jauges 1.

La jauge comporte de plus un élément d'identification 7 placé à la surface externe du substrat 2, cet élément d'identification 7 permettant d'identifier individuellement cette jauge 1. L'élément d'identification 7 est ici une étiquette comportant un code à barres.

Un lecteur optique monté sur le scanneur laser 3D à main permet de déterminer simultanément la position des cibles de contraste 5, 6 dans un système de coordonnées liés à l'élément structurel de l'aéronef et l'identification de la jauge 1 afin d'associer ces mesures qui sont envoyées via un émetteur sans fil du scanneur laser 3D à main vers une unité de traitement comportant un processeur d'images pour traiter les images 2D acquises par le scanneur laser 3D à main.

Ce scanneur laser 3D à main qui est autopositionné, permet avantageusement une prise à la volée des positions des cibles de contraste 5, 6.

A titre purement illustratif, le motif lumineux projeté par ce scanneur laser 3D à la surface de l'élément structurel peut être une croix.

L'invention concerne encore une méthode de localisation spatiale de jauges de déformation placées à la surface externe d'un élément structurel. Ces jauges de déformation comprennent chacune un substrat support d'un élément destiné à s'allonger réversiblement sous l'action d'un effort appliqué en exhibant une variation de sa résistance, cet élément s'allongeant le long d'un axe de mesure de la jauge.

Ces jauges de déformation comprennent de plus chacune au moins une cible de contraste apte à réfléchir un faisceau lumineux incident, ces cibles de contraste étant placées sur chacune de ces jauges dans une

position prédéterminée permettant la détermination du centre et de l'axe de mesure de la jauge de déformation correspondante par la détection de la position de ces cibles de contraste.

On définit un système de coordonnées lié à l'élément structurel. On déplace ensuite à la surface externe de cet élément structurel, un système de mesure optique permettant de déterminer, dans une zone d'observation de ce système, la position tridimensionnelle de la ou des cibles de contraste de chacune desdites jauges de déformation dans ledit système de coordonnées.

On détermine à partir de la position tridimensionnelle des cibles de contraste placées dans ladite zone d'observation, la position du centre de chaque jauge et l'orientation de ladite jauge dans le système de coordonnées lié audit élément structurel.

De préférence, on détermine simultanément l'élément d'identification de chaque jauge de déformation placée dans la zone d'observation.

REVENDICATIONS

1. Jauge de déformation comprenant un substrat (2) support d'un élément (3) destiné à s'allonger réversiblement sous l'action d'un effort appliqué en exhibant une variation de sa résistance, ledit élément (3) s'allongeant le long d'un axe de mesure de ladite jauge (1), caractérisée en ce qu'elle comprend au moins une cible de contraste (5, 6) apte à réfléchir un faisceau lumineux incident, ladite au moins une cible de contraste (5, 6) étant placée sur ladite jauge dans une position prédéterminée permettant la détermination du centre et de l'axe de mesure (4) de ladite jauge de déformation (1) par la détection de la position de ladite au moins une cible de contraste (5, 6) et en ce que ladite au moins une cible de contraste (5, 6) étant une cible rétro-réflective.

2. Jauge selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend une seule cible de contraste (5, 6), ladite cible comportant au moins un élément de marquage permettant de déterminer l'axe de mesure (4) de ladite jauge de déformation (1).

3. Jauge selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend deux cibles de contraste (5, 6) alignées le long dudit axe de mesure (4) et placées de manière équidistante du centre de ladite jauge de déformation (1).

4. Jauge selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend trois cibles de contraste non alignées et placées à la surface externe dudit substrat (2) de manière à autoriser une détermination du centre de ladite jauge de déformation (1) par triangulation, une desdites cibles de contraste (5, 6) ayant une forme et/ou des dimensions différentes des deux autres cibles de contraste (5, 6) et étant placée sur ledit axe de mesure (4) passant par le centre de ladite jauge.

5. Jauge selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que lesdites cibles de contraste (5, 6) sont des cibles circulaires rétro-réflectives.

6. Jauge selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle comporte de plus un élément d'identification (7) placé à la surface externe dudit substrat (2), ledit élément d'identification (7) permettant d'identifier ladite jauge individuellement.

7. Système de localisation spatiale de jauges de déformation placées à la surface externe d'un élément structurel, caractérisé en ce que

- lesdites jauges de déformation sont des jauges de déformation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,

- ledit système comprend un système de mesure optique permettant de déterminer, dans une zone d'observation dudit système, la position tridimensionnelle de la ou des cibles de contraste (5, 6) de chacune desdites jauges de déformation dans un système de coordonnées lié audit élément structurel, et

- une unité de calcul permettant de déterminer à partir de la position tridimensionnelle desdites cibles de contraste (5, 6) placées dans ladite zone d'observation, la position du centre de chaque jauge et l'orientation de ladite jauge dans le système de coordonnées lié audit élément structurel.

8. Système selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit système de mesure optique comporte de plus un appareil de lecture de chacun desdits éléments d'identification (7) afin d'associer à la position du centre de chaque jauge (1) et de son orientation dans le système de coordonnées lié audit élément structurel, une identification de ladite jauge.

9. Système selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que ledit système de mesure optique comporte un capteur de mesure tridimensionnelle à main autopositionné comportant un projecteur de motifs lumineux laser, une paire d'au moins deux objectifs et photodétecteurs, ce capteur générant des images 2D à partir de chaque photodétecteur, et au moins un processeur d'images pour traiter ladite paire d'images 2D.

10. Système selon la revendication 9, caractérisé en ce que ledit système de mesure optique comporte un émetteur sans fil pour transmettre ladite paire d'images 2D du capteur de mesure tridimensionnelle à main audit processeur d'images.

11. Système selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que ladite unité de calcul est reliée par une liaison à une unité de stockage comprenant au moins un fichier recevant la position et l'orientation de chaque jauge dans un système de coordonnées lié audit élément structurel ainsi que la mesure de la variation de sa résistance et éventuellement l'identification de ladite jauge.

12. Méthode de localisation spatiale de jauges de déformation placées à la surface externe d'un élément structurel, caractérisée en ce que

- lesdites jauges de déformation sont des jauges de déformation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,

- on définit un système de coordonnées lié audit élément structurel,

- on déplace à la surface externe dudit élément structurel, un système de mesure optique permettant de déterminer, dans une zone d'observation dudit système, la position tridimensionnelle de la ou des cibles de contraste (5, 6) de chacune desdites jauges de déformation dans ledit système de coordonnées, et

- on détermine à partir de la position tridimensionnelle des cibles de contraste (5, 6) placées dans ladite zone d'observation, la position du centre de chaque jauge et l'orientation de ladite jauge dans le système de coordonnées lié audit élément structurel.

13. Méthode de localisation selon la revendication 12, caractérisée en ce qu'on détermine simultanément l'élément d'identification (7) de chacune desdites jauges de déformation placées dans ladite zone d'observation.

14. Système de mesure de contraintes d'un élément structurel, ledit système comprenant un ensemble de jauges de déformation destinées à être placées à la surface externe dudit élément structurel pour détecter chacune la déformation s'appliquant à la zone dudit élément structurel avec laquelle ladite jauge de déformation est en contact comme un changement dans la résistance électrique de ladite jauge de déformation; et une unité de circuit électrique reliée à ladite jauge de déformation et convertissant ledit changement de résistance électrique en un signal de sortie, caractérisé en ce que

- lesdites jauges de déformation sont des jauges de déformation selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,

- ledit système comprend un système de mesure optique permettant de déterminer, dans une zone d'observation dudit système, la position tridimensionnelle de la ou des cibles de contraste (5, 6) de chacune desdites jauges de déformation dans un système de coordonnées lié audit élément structurel, et

- une unité de calcul permettant de déterminer à partir de la position tridimensionnelle desdites cibles de contraste (5, 6) placées dans ladite zone

d'observation, la position du centre de chaque jauge et l'orientation de ladite jauge dans le système de coordonnées lié audit élément structurel.

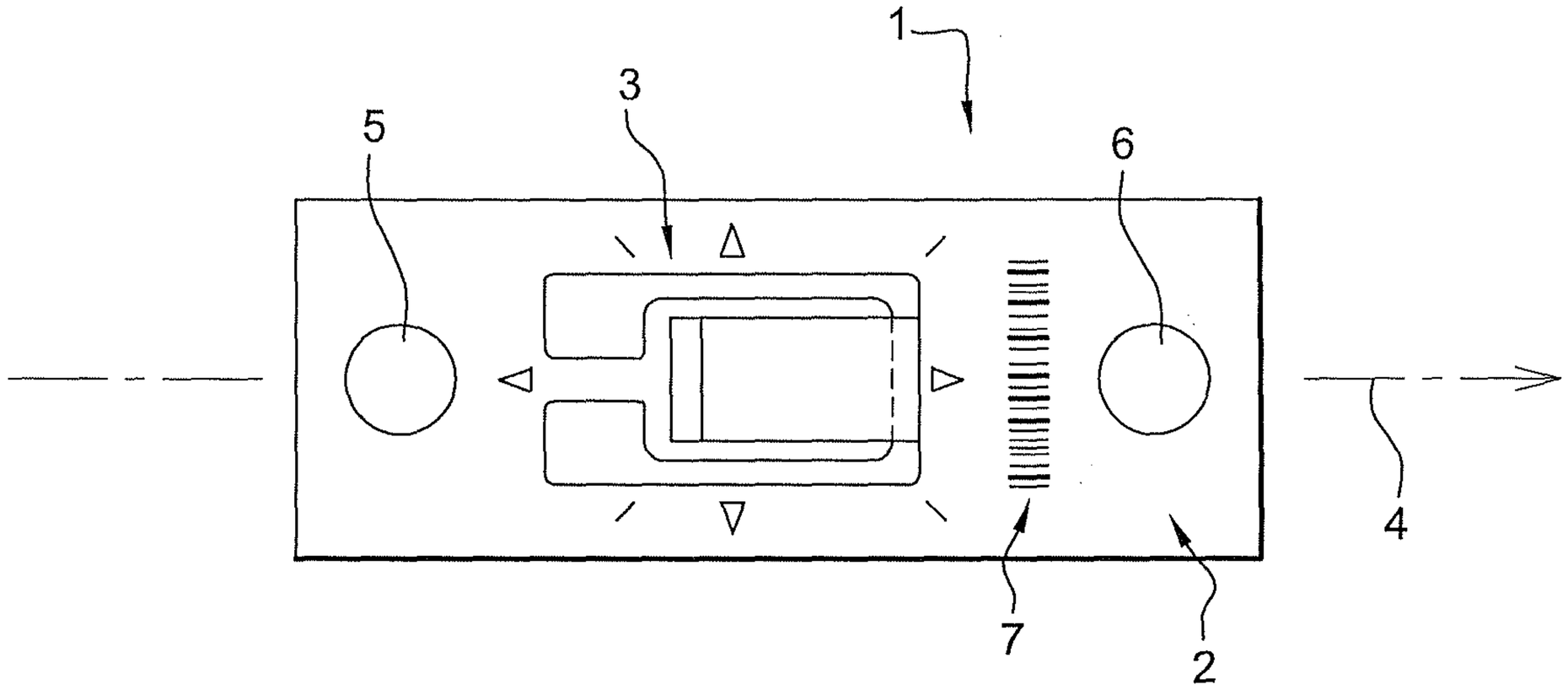


Figure unique

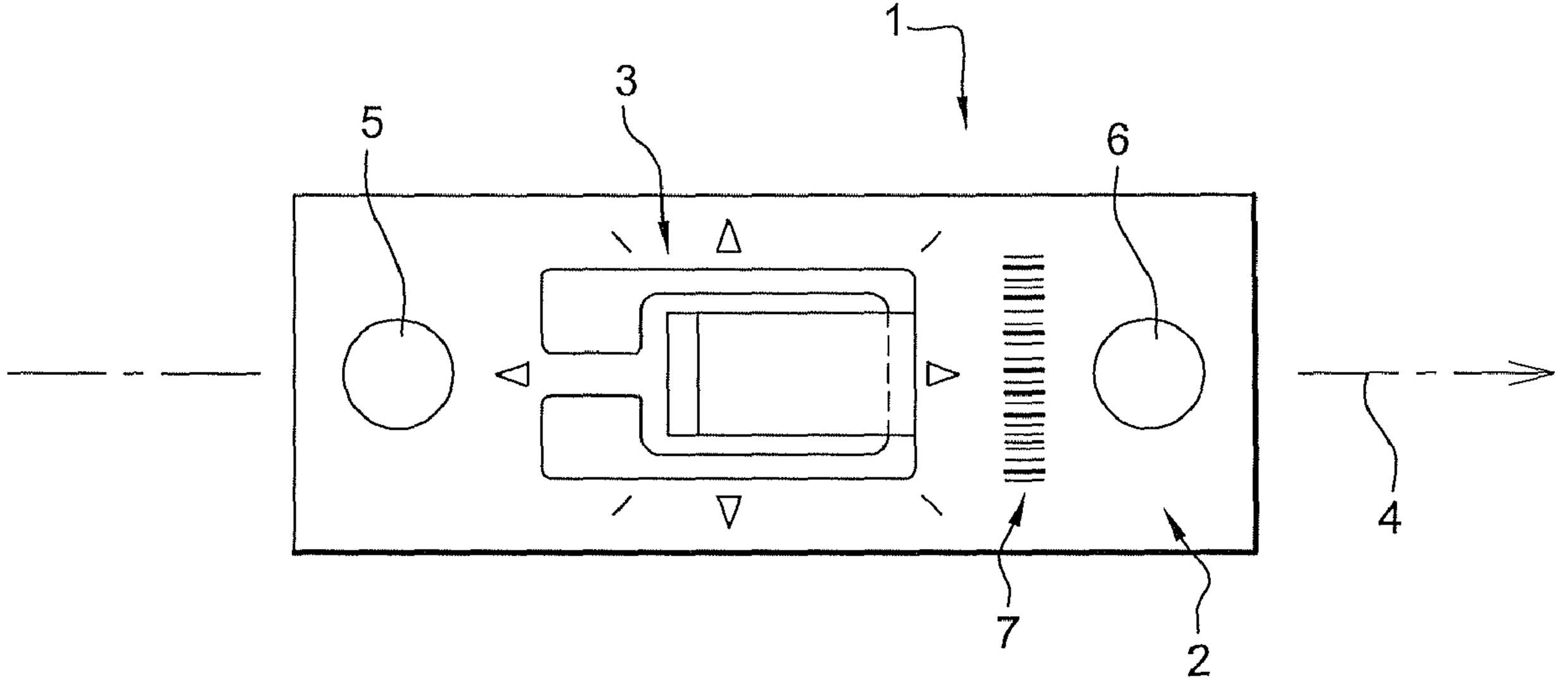


Figure unique