

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 498**

51 Int. Cl.:

A61N 2/02	(2006.01)
B32B 7/14	(2006.01)
B32B 27/08	(2006.01)
B32B 27/28	(2006.01)
B32B 27/36	(2006.01)
B32B 3/08	(2006.01)
G01L 1/20	(2006.01)
G01L 1/22	(2006.01)
B32B 7/05	(2009.01)
A61B 90/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2016 PCT/EP2016/077152**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.05.2017 WO17081087**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2016 E 16791640 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3374021**

54 Título: **Dispositivo de estimulación magnética que comprende una resistencia sensible a la fuerza**

30 Prioridad:

09.11.2015 US 201562252684 P

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

05.05.2020

73 Titular/es:

**AXILUM ROBOTICS (SOCIÉTÉ PAR ACTIONS
SIMPLIFIÉE) (100.0%)
8 rue Schertz
67100 Strasbourg, FR**

72 Inventor/es:

**GINHOUX, ROMUALD;
MAURIN, BENJAMIN y
BERG, MICHEL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 758 498 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

Dispositivo de estimulación magnética que comprende una resistencia sensible a la fuerza

La presente invención se refiere al campo de la estimulación magnética (MS, *Magnetic Stimulation*); en particular, a la estimulación magnética transcraneal (TMS, *Transcranial Magnetic Stimulation*), y concierne de manera más específica a un sensor de fuerza o a un dispositivo FSR (*Force Sensitive Resistor*, Resistencia Sensible a la Fuerza) compatible con bobinas de estimulación magnética que se utilizan como dispositivos médicos para el tratamiento de un paciente o para investigaciones clínicas. La invención también engloba un equipo de estimulación magnética (MS), en particular de TMS, en que utiliza al menos uno de tales sensores o dispositivos.

La estimulación magnética es una técnica de electroestimulación no invasiva en la que un técnico aplica una bobina al cuerpo o de la cabeza de un paciente y dispara un pulso de corriente, que crea un campo magnético focalizado unos pocos centímetros más allá de la superficie de la bobina. Esta técnica se utiliza para neuroestimulación, para la técnica conocida de estimulación magnética transcraneal (TMS), o para estimulación de nervios periféricos.

La bobina está constituida usualmente por un único arrollamiento de cobre, o por una forma de figura de ocho que contiene arrollamientos de cobre. El tamaño de una bobina es aproximadamente el tamaño de un zapato: cada una de las dos partes de la figura de ocho tiene un diámetro de aproximadamente 70 mm. La bobina está conectada a un generador, que entrega pulsos de corriente eléctrica de alta intensidad, que a su vez producen pulsos de campo magnético de alta intensidad en la bobina. Los pulsos están definidos en función de la aplicación dependiendo del protocolo de estimulación, y su duración es usualmente menor que unos cuantos milisegundos. El campo magnético atraviesa la piel del paciente y crea pequeñas corrientes eléctricas en el área del cerebro o del músculo en la que se aplica la bobina, de acuerdo con el principio de la inducción magnética. Esa corriente eléctrica, a su vez, estimula la actividad eléctrica de la parte fijada como objetivo, y esto tiene aplicaciones en medicina y en neurociencia.

El generador de corriente eléctrica puede estar conectado a un sistema de control principal que supervisa el protocolo de estimulación. Este sistema de control puede estar contenido en el mismo alojamiento del generador, o bien puede estar dispuesto en otro alojamiento. Cuando está situado en el mismo alojamiento, se hace referencia usualmente al sistema global como un sistema de estimulación. Cuando no está en el mismo sistema, el generador es accionado por un dispositivo dedicado que puede ser un dispositivo de computación, un dispositivo de navegación o un robot. El objetivo de estos dispositivos principales es configurar la forma y la intensidad del pulso eléctrico, y disparar el generador con ráfagas repetitivas o bien con un solo pulso individual.

Con el fin de maximizar la intensidad de la corriente eléctrica inducida en el interior del cuerpo o del cerebro del paciente - y maximizar su efecto médico potencial - resulta importante eliminar el hueco magnético que puede existir entre la superficie de la bobina y la piel de la cabeza del paciente. Este hueco magnético puede estar causado, por ejemplo, por el grosor del pelo o por el movimiento de la cabeza durante una sesión, y ello da lugar a una capa de aire significativa entre la bobina y la piel.

Se ha propuesto en el estado de la técnica, por ejemplo en los documentos US 8 177 702 y US 9 421 392, detectar la proximidad y la ubicación de una bobina TMS utilizando un sensor plano que comprende una membrana que incorpora una matriz bidimensional de interruptores de dos estados (ON-OFF). La información digital suministrada por esta membrana se utiliza para proporcionar una información de ubicación para ayudar a posicionar la bobina de estimulación. Los documentos US2005234286 A1, US2006007172 A1 y WO2014100045 A1 describen la técnica anterior relevante de manera adicional.

Ahora bien, la estructura y la construcción de una membrana tal son complejas y son susceptibles a un mal funcionamiento (indetectable). Más aún, proporcionar un valor preciso de la presión total aplicada es difícil debido a los múltiples sensores que hacen un contacto parcial.

La idea básica de la invención consiste en utilizar un sensor de resistencia sensible a la fuerza (FSR, *Force Sensing Resistance*) con el fin de verificar la existencia y la calidad del contacto de una bobina de estimulación magnética con el cuerpo de un paciente mediante la monitorización de la presión existente entre la bobina y la piel.

Dicho de manera más precisa, la invención propuesta consiste básicamente en proporcionar mejoras específicas a un sensor o dispositivo FSR de tal manera que pueda utilizarse para detectar y mantener un contacto suave mientras se lleva a cabo la estimulación magnética en el cuerpo o en la cabeza de un paciente.

Un sensor tal consiste, en una construcción conocida, en un dispositivo delgado, plano y multicapa, en donde el actuador o las capas funcionales de dicho dispositivo FSR comprenden el siguiente apilamiento de capas, enumeradas de manera sucesiva desde su cara superior hasta su cara inferior:

- una primera capa que sirve para ser aplicada a un objeto;
- una segunda capa que comprende un patrón o un área de tinta sensible a la fuerza o resistiva;
- una tercera capa que comprende un material adhesivo, que forma un elemento espaciador periférico;

- una cuarta capa fabricada con un sustrato flexible con un patrón conductor impreso de un circuito de detección de fuerza;
- una posible capa que forma una superficie adhesiva en la cara inferior.

5 Una construcción de un sensor tal permite disponer de un sensor de resistencia eléctrica variable cuando se aplica una presión variable al mismo: la variación de la resistencia eléctrica es el resultado de que la tinta FSR conductora toca en mayor o menor medida el circuito impreso.

El principio de la construcción de sensores FSR estándar es ampliamente conocido y muchos proveedores cuentan con procesos de fabricación específicos para montar sensores *ad hoc* dependiendo de las necesidades del cliente (ver, por ejemplo, el documento US 7 113 179).

10 Puesto que la tecnología FSR se utiliza tradicionalmente en ambientes muy demandantes, tales como la industria del automóvil, se sabe que tales sensores son robustos y tienen una durabilidad alta en relación a los contactos repetidos.

15 Ahora bien, los diseños conocidos de sensores FSR no proporcionan una medida precisa de la presión aplicada cuando el objeto que está en contacto con ellos tiene un tamaño pequeño; es decir, cuando el área de contacto es pequeña en relación a la superficie del sensor.

Más aún, en el estado de la técnica relacionada con tales sensores no se proponen medios de comprobación de integridad o de conexión, que permitirían conocer si el sensor está o no dañado (en particular, en su área sensible).

20 Es un propósito de la invención proponer una solución que supere al menos las limitaciones principales de las soluciones del estado de la técnica mencionadas anteriormente en la presente memoria y permitir la utilización de sensores FSR en el campo de la tecnología de MS, de manera más específica como sensores de contacto para conjuntos de bobinas de estimulación.

25 Para conseguir este propósito, la invención propone, en un primer aspecto, un sensor o dispositivo FSR del tipo mencionado previamente la presente memoria, en concreto un sensor analógico, físico, delgado y plano, con una estructura multicapa, compatible con el uso con una bobina de estimulación magnética y configurado y previsto para ser fijado a la superficie plana activa de un conjunto de bobina de estimulación magnética, en particular una bobina TMS, de manera que dicho sensor o dispositivo está caracterizado por que el patrón o el área sensible a la fuerza o la tinta resistiva de la segunda capa están impresas sobre y están portadas por una placa semi-flexible de material policarbonato termoestable, con un grosor menor de 1 mm, que constituye una capa de distribución de presiones intermedia entre la primera y la segunda capa, en donde dicha placa está pegada mediante adhesivo, por un lado, a la cuarta capa con la cara que porta la tinta de la segunda capa a través del cuerpo periférico de la tercera capa, y, por otro lado, a la primera capa, en donde el mencionado cuerpo periférico de la tercera capa que es centralmente hueca define o delimita un hueco de aire entre las mencionadas segunda y cuarta capa.

35 La presente invención también concierne, en otro aspecto de la misma, a un equipo de estimulación magnética (MS) o TMS que comprende al menos un conjunto de bobina, un generador que suministra señales eléctricas a la mencionada al menos una bobina, una estructura de sostenimiento y posicionamiento de una bobina accionada manualmente o robotizada y un sistema de control,

40 en donde el equipo está caracterizado por que el mencionado conjunto de al menos una bobina comprende, fijado mediante adhesivo en su superficie activa o en cada una de sus superficies activas, un dispositivo FSR plano tal como se mencionó anteriormente, que está conectado a un módulo o circuito de procesamiento de señal electrónica adaptado, preferiblemente asociado a, o formando parte de, el sistema de control del equipo.

La invención se comprenderá mejor y se explicará con más detalle a partir de este momento mediante realizaciones no limitantes, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 es una vista en perspectiva explotada de un dispositivo FSR de acuerdo con una realización de la invención (forma circular);

45 la figura 2 es una vista en sección de un dispositivo FSR tal como se muestra en la figura 1, en un estado montado;

la figura 3 es una vista en perspectiva de la tercera capa hueca del dispositivo FSR multicapa de las figuras 1 y 2;

la figura 4 es una vista superior de la cuarta capa del dispositivo FSR de las figuras 1 y 2, que muestra su patrón y líneas conductoras;

50 la figura 5A es una vista en sección del conjunto de bobina de estimulación magnética equipado con un dispositivo FSR de acuerdo con una primera realización de la invención;

la figura 5B es una vista en sección de un conjunto de bobina de estimulación magnética equipado con un doble dispositivo FSR o bien con dos dispositivos FSR separados de acuerdo con una segunda realización de la invención;

las figuras 6A y 6B son vistas esquemáticas de un equipo de estimulación magnética que comprende un conjunto de bobina tal como se muestra en la figura 5A o en la figura 5B, durante una fase de posicionamiento preliminar (figura 6A) y durante una fase subsiguiente de tratamiento automatizado (figura 6B), y,

5 la figura 7 es un dibujo funcional simplificado de un equipo de estimulación magnética de acuerdo con una realización de la invención.

La invención se define en la reivindicación 1 independiente. En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones preferidas.

10 Las figuras 1, 2, 5A y 5B ilustran un dispositivo 1 FSR o resistencia sensible a la fuerza delgada y plana, compatible con una bobina de estimulación magnética y configurado y previsto para ser fijado a la superficie 2' activa plana de un dispositivo de estimulación magnética (MS), como, por ejemplo, un conjunto 2 de bobina de estimulación magnética transcraneal (TMS).

El actuador o las capas funcionales de dicho dispositivo 1 FSR comprenden el siguiente apilamiento de capas 4, 6, 7, 8, 10, enumeradas de manera sucesiva desde su cara 3 superior o de contacto con la piel hasta su cara 3' inferior o de contacto con la bobina:

- 15
- una primera capa 4 fabricada de un material biocompatible flexible que sirve para ser aplicada a la piel de un paciente 5;
 - una segunda capa 6 que comprende un patrón o un área de tinta sensible a la fuerza o resistiva;
 - una tercera capa 7 que comprende un material adhesivo, que forma un elemento 7' espaciador periférico;

20

 - una cuarta capa 8 fabricada de un sustrato 8' de policarbonato termoestable flexible con un patrón 9, 9' conductor impreso de un circuito de detección de fuerza;
 - una quinta capa 10 que forma una superficie adhesiva en la cara 3' inferior.

25 De acuerdo con la invención, el patrón o el área de tinta resistiva o sensible a la fuerza de la segunda capa 6 está impresa sobre y portada por una placa 11 semi-flexible de material policarbonato termoestable, con un grosor inferior a 1 mm, que constituye una capa de distribución de presión intermedia entre la primera capa 4 y la segunda capa, en donde dicha placa 11 está pegada mediante adhesivo, por un lado, a la cuarta capa 8 con la cara que porta la tinta de la segunda capa 6 a través del cuerpo 7' periférico de la tercera capa 7, y, por otro lado, a la primera capa 4, en donde el mencionado cuerpo 7' periférico de la tercera capa 7 que es centralmente hueca define o delimita un hueco 7'' de aire entre las mencionadas segunda 6 y cuarta 8 capa.

30 Proporcionando una capa 11 de distribución de presión adicional en la forma de una placa flexible delgada, que está pegada de manera íntima y de manera continua (a lo largo de su superficie) a la primera capa 4 impactada por presión, la presión ejercida por un objeto aplicado mediante un contacto local a la mencionada primera capa 4 se distribuye hasta la segunda capa 6 mediante el aumento de la superficie de contacto de dicha capa.

35 Esta característica propia es de interés particular, por ejemplo en el campo de la TMS, cuando un objeto que tiene una sección menor que una cabeza entra en contacto con la primera capa 4: éste es el caso, por ejemplo, cuando la cabeza del paciente 5 está equipada con electrodos (tales como electrodos de EEG o de NIRS) y el sensor 1 entra en contacto con un electrodo en lugar de con la cabeza.

Más aún, esta capa 11 específica coopera de manera ventajosa con la cámara 7'' de hueco de aire continua y única delimitada lateralmente por el elemento 7' espaciador hueco para proporcionar un sensor 1 cuya señal (amplitud) de salida es proporcional a la presión aplicada (en la capa 4) y a la deformación y el contacto resultantes entre 6 y 9, 9'.

40 De acuerdo con otra característica propia importante de la invención, y tal como se muestra en la figura 4, el sensor o dispositivo 1 FSR comprende un bucle 12 de control que se extiende alrededor del patrón 9, 9' conductor de la cuarta capa 8, a lo largo del borde periférico de su sustrato 8' y debajo del cuerpo 7' periférico de la tercera capa 7.

45 Tal como se muestra también en la figura 4, la línea 12 conductora que forma el bucle de control periférico y los dos componentes 9 y 9' complementarios que forman el patrón conductor impreso de la cuarta capa 8, tal como dos peines interdigitados, incluyen terminales 9'', 12' eléctricos respectivos para establecer conexiones con un módulo 13 de procesamiento de señal electrónica.

El bucle 12 de control de integridad está posicionado en la periferia de la cuarta capa 8 de tal manera que no tiene ninguna conexión eléctrica con la región interna de dicha capa 8.

50 Estando situada en la periferia, la línea 12 conductora estará aislada de la tinta conductora de la segunda capa 6 gracias al material adhesivo del cuerpo 7' periférico de la capa 7.

Tal como resultará aparente de la descripción y de los dibujos precedentes, el sensor o dispositivo 1 posee una constitución multicapa de varias capas funcionales y/o estructurales apiladas mutuamente que están montadas entre sí mediante adhesivo (por la cara trasera adhesiva de la primera capa 4 y por el cuerpo 7' periférico adhesivo de la tercera capa 7).

- 5 Durante el uso, el mencionado sensor o dispositivo 1 también está unido mediante pegamento a través de la quinta capa 10 a la superficie 2' activa del conjunto 2 de bobina y por lo tanto los bordes del dispositivo o sensor 1 pueden estar sujetos a rasgaduras, rasguños, colisión con objetos externos o a la penetración inferior de polvo.

10 Asumiendo que la presencia de rasgaduras, rasguños, colisiones en el borde del sensor 1, o penetración de polvo dañan el bucle 12 de control, su conductividad quedaría eliminada, lo cual puede medirse por parte del módulo 13 de procesamiento electrónico asociado. Además, el mencionado bucle 12 de control permite comprobar si el sensor o dispositivo 1 está o no correctamente conectado.

De manera ventajosa, el cuerpo 7' periférico con forma de anillo o de marco de la tercera capa 7 y de la quinta capa 10 están fabricados mediante una cinta adhesiva de doble cara.

- 15 De acuerdo con una primera realización de la invención, mostrada en las figuras 5A y 5B, el mencionado sensor o dispositivo 1 está dotado de un tamaño y está configurado para cubrir la totalidad de la superficie 2' activa del correspondiente conjunto 2 de bobina al que se pretende fijar.

En una primera alternativa de esta primera realización, puede utilizarse un sensor o dispositivo 1 con una única área o patrón conductores para cubrir la totalidad de la superficie 2' plana única del conjunto 2 de bobina (ver figura 5A).

- 20 En una segunda alternativa de esta primera realización, en particular cuando la superficie 2' activa del conjunto 2 de bobina está compuesta por al menos dos secciones planas inclinadas una respecto a otra (ver figura 5B), el sensor o dispositivo 1 puede mostrar al menos dos patrones o áreas conductoras, de manera que cada una de ellas está asociada con una sección de superficie correspondiente.

Cada sección de la superficie 2' activa también puede estar cubierta, completamente o parcialmente, por un sensor o dispositivo 1 independiente, dedicado para esa sección.

- 25 De acuerdo con una segunda realización de la invención, que no se muestra en los dibujos adjuntos, el sensor o dispositivo 1 está dotado de un tamaño y está configurado para cubrir un área central limitada de la superficie 2' activa del conjunto 2 de bobina correspondiente al que se pretende fijar.

30 Por supuesto, pueden concebirse diferentes diseños de los patrones 9, 9' conductores, así como diversas formas del sensor o dispositivo (forma rectangular, forma de un 8, forma circular, forma elíptica...) dependiendo de la forma y de la disposición del conjunto 2 de bobina, al que debe estar fijado.

En una construcción práctica preferida de la invención, el sensor o dispositivo 1 tiene un grosor total menor de 1 mm, preferiblemente de aproximadamente 0,90 mm.

Por ejemplo, las capas constitutivas pueden presentar los siguientes grosores individuales:

- 35 Primera capa 4: 0,25 mm (estando fabricada, por ejemplo, de una resina biocompatible, tal como ULTEM 1000 (marca registrada))

Placa 11 de policarbonato: 0,28 mm

Segunda capa 6 con patrón o área de tinta FSR (que posiblemente también incluye una película de polímero como sustrato de soporte para la tinta impresa)

Cuerpo 7' periférico de la tercera capa 7: 0,05 mm

- 40 Cuarta capa 8 (que incluye el sustrato 8' y el patrón 9, 9' impresos conductores - fabricada de cobre o de plata): 0,13 mm

Quinta capa 10 de superficie adhesiva: 0,05 mm.

- 45 Por lo tanto, el grosor global del sensor 1 es despreciable y no actúa como un hueco magnético en sí mismo en comparación con las dimensiones del campo magnético creado en el exterior de la bobina, cuya dimensión efectiva es generalmente de aproximadamente entre 20 y 30 mm en una dirección perpendicular a la bobina.

Puede describirse el principio sobre el que se basa la medición del contacto de un objeto con el conjunto 2 de bobina de la manera siguiente, cuando un sensor o dispositivo 1 está presente en la cara 2' activa de la mencionada bobina:

- cuando no se aplica ningún objeto a la primera capa 4, el aire libre en el seno de la Cámara 7'' de la tercera capa 7 aísla el área de tinta resistiva de la segunda capa 6 del circuito 9, 9' conductor de la cuarta capa 8, proporcionando

al circuito conductor una resistencia globalmente constante que puede medirse en conexiones o terminales 9”;

- cuando se aplica un objeto a la primera capa 4, se elimina el aire libre en la Cámara 7” viéndose desplazado en la posición de contacto, entrando la tinta resistiva de la segunda capa 6 en contacto con el circuito 9, 9’ conductor de la cuarta capa 8, disminuyendo la resistencia global de dicha capa 8 medida en conexiones o terminales 9”.

- 5 Si el tamaño de la superficie del objeto en contacto con la primera capa 4 aumenta, una mayor cantidad de tinta resistiva entrará en contacto con el circuito conductor, disminuyendo la resistencia de la cuarta capa 8 en una cantidad mayor.

Si la presión aplicada por el objeto contactado aumenta, la resistencia de la tinta de la segunda capa 6 disminuirá, disminuyendo adicionalmente la resistencia de la cuarta capa 8 medida en terminales o conexiones 9”.

- 10 Tal como se ilustra en las figuras 5A, 5B y 7, el sensor o dispositivo 1 FSR está conectado a un adaptador o módulo 13 electrónico que contiene las tarjetas de procesamiento de señal. El alojamiento de dicho módulo puede situarse en una posición cercana al lado del conjunto 2 de bobina de estimulación magnética, en el seno del mismo (ver líneas discontinuas en la figura 5B) o en otro lugar que pueda enchufarse al sensor 1.

- 15 Puesto que el sensor o dispositivo 1 FSR es un sensor resistencia variable, los circuitos electrónicos del módulo 13 están concebidos para convertir esta resistencia variable en una señal de voltaje o en datos digitales que puedan ser leídos por el sistema 17 de control del equipo 14 de estimulación magnética.

Los circuitos electrónicos proporcionan un suministro de corriente constante, preferiblemente menor de 1 mA, que circula a través del sensor 1 FSR. Estableciendo una intensidad constante en el sensor 1, se permite la lectura de un voltaje que varía al variar la presión aplicada a dicho sensor 1.

- 20 Una alternativa consistiría en establecer un voltaje constante y leer una intensidad que cambia al variar la presión aplicada al sensor 1.

Se proporciona a partir de este momento una descripción más detallada del módulo 13 electrónico en relación a una realización práctica de la invención y a sus componentes constitutivos y en funcionamiento.

- 25 La invención también engloba, de acuerdo con otro aspecto, y tal como se muestra en las figuras 6A, 6B y 7, un equipo 14 de estimulación magnética, en particular una estimulación TMS, que comprende al menos un conjunto 2 de bobina de estimulación, un generador 15 que proporciona señales eléctricas a la mencionada al menos una bobina, una estructura 16 de sostenimiento y posicionamiento de una bobina robotizada o accionada manualmente y un sistema 17 de control.

- 30 Dicho equipo 14 está caracterizado por que el mencionado al menos un conjunto de bobina comprende, fijado mediante adhesivo en su superficie 2’ activa o en cada una de sus superficies 2’ activas, un dispositivo 1 FSR plano tal como se describió anteriormente, que está conectado a un módulo 13 o circuito de procesamiento de señal electrónica adaptado, preferiblemente asociado a o formando parte del sistema 17 de control del equipo 14.

El mencionado módulo 13, tal como se mencionó anteriormente, puede estar situado en o cerca del conjunto 2 de bobina, o bien puede estar integrado en el seno del sistema 17 de control.

- 35 En conformidad con una característica propia de la invención, el módulo 13 de procesamiento de señal comprende un sistema 18 basado en amplificador operacional capaz de inyectar una pequeña corriente, típicamente menor de 1 miliamperio, al patrón 9, 9’ conductor impreso de la cuarta capa 8 y capaz también de medir la señal de voltaje de salida (OVS, *Output Voltage Signal*) indicativa de la resistencia eléctrica del dispositivo 1 FSR conectado a dicho módulo 13, en donde este módulo 13 también incluye un potenciómetro 18’ para calibrar la sensibilidad de la medida mediante una presión de referencia aplicada en la primera capa 4 del dispositivo 1, y un medio de resistencia, condensador y diodo dispuestos para proteger al sistema frente a sobre-corrientes. De manera preferible, el voltaje OVS de salida está saturado con el fin de evitar daños en los circuitos.

- 45 De acuerdo con otra característica propia, el módulo 13 puede comprender otro sistema 19 basado en amplificador operacional capaz de detectar si el mencionado bucle 12 de control está o no dañado o desconectado mediante la medición de su resistencia eléctrica, y también capaz de proporcionar una información correspondiente sobre ese particular, por ejemplo como un voltaje digital de salida, de manera que dicho sistema 20 también incorpora un medio de resistencia, condensador y diodo dispuestos para proteger al sistema frente a sobre-corrientes. De esa manera, se filtran los artefactos del pulso de estimulación magnética.

- 50 El módulo 13 también está conectado a los terminales 12’ del bucle 12 de control del dispositivo 1 FSR y comprende otro sistema 19 basado en amplificador operacional capaz de detectar si dicho bucle 12 de control está o no dañado o desconectado mediante la medición de su resistencia eléctrica, y también capaz de proporcionar una información correspondiente sobre ese particular, por ejemplo como un voltaje digital de salida, en donde dicho sistema 20 también incorpora un medio de resistencia, condensador y diodo para proteger al sistema frente a sobre-corrientes.

- De manera preferible, el módulo 13 también comprende otro sistema 19 basado en amplificador operacional capaz de detectar si el mencionado bucle 12 de control está o no dañado o desconectado mediante la medición de su resistencia eléctrica, y también capaz de proporcionar una información correspondiente sobre ese particular, por ejemplo como un voltaje digital de salida, en donde dicho sistema 20 también incorpora un medio de resistencia, condensador y diodo para proteger al sistema frente a sobre-corrientes.
- La memoria no volátil puede comprender contadores para almacenar tiempo de vida útil, tiempo de saturación e información de tiempo de caducidad correspondiente a un dispositivo 1 FSR considerado, lo que permite identificar y rastrear dicho dispositivo 1 durante su vida útil.
- El sistema 17 de control comprende un medio de software para procesar la información proporcionada por el módulo 13 de procesamiento de señal asociado al al menos un dispositivo 1 FSR y para determinar si el conjunto 2 de bobina implicado está en contacto con el cuerpo de un paciente 5 de una manera adecuada para aplicar las señales de estimulación a la bobina o las bobinas.
- De manera ventajosa, la información proporcionada por el módulo 13 de procesamiento de señal, en la forma de un voltaje analógico o digital o de datos de presión, se compara por parte del sistema 17 de control con valores umbrales, preferiblemente al menos con un valor mínimo predeterminado y con un valor máximo predeterminado.
- Cuando el valor de presión está comprendido dentro del intervalo de valores umbrales, el sistema 17 de control puede alertar al técnico o imitar de manera automática una secuencia de pulsos.
- Por diseño, el equipo 14 puede comprender un medio de señalización o de realimentación visual y/o sonora disparada por el sistema 17 de control cuando el al menos un conjunto 2 de bobina, o al menos una parte de la superficie 2' activa en un conjunto 2 tal, está en contacto con el cuerpo del paciente 5 mediante una fuerza o una presión suaves, por ejemplo cuando la presión aplicada al dispositivo 1 FSR implicado está comprendida en el intervalo entre 50 g/cm² y 500 g/cm².
- Tal como se muestra de manera esquemática en las figuras 6A y 6B, la estructura 16 que está sosteniendo y posicionando el al menos un conjunto 2 de bobina comprende un brazo robotizado con al menos seis grados de libertad, o bien un robot de seis ejes, preferiblemente del tipo interactivo o colaborativo hombre-máquina, y controlado por el sistema 17 de control, que de manera ventajosa utiliza los datos proporcionados por el al menos un dispositivo 1 FSR asociado al mencionado al menos un conjunto 2 de bobina como información de realimentación y de comando.
- Con el fin de utilizar completamente el potencial del brazo 16 robotizado, el equipo 14 también puede comprender un dispositivo 22 de toma de imágenes, preferiblemente un dispositivo óptico de toma de imágenes, conectado al sistema 17 de control y que proporciona imágenes, de manera ventajosa imágenes de vídeo en tiempo real, que permiten una localización y un rastreo del al menos un conjunto 2 de bobina por parte del mencionado sistema 17 de control.
- A partir de este momento, se describirá la invención con mayor detalle a modo de ejemplo y en relación con las figuras 1 a 7, en su aspecto constructivo, así como en sus aspectos funcionales.
- En primer lugar, bajo un aspecto práctico y puesto que los pulsos TMS crean artefactos importantes en los circuitos electrónicos debido al cambio en la corriente eléctrica, resulta importante:
- saturar el voltaje máximo que puede ser leído limitándolo a un valor máximo de tal manera que el intervalo disponible este comprendido entre 0V y un voltaje máximo V_{max}.
 - Filtrar las medidas utilizando un filtro 19 de paso bajo con una frecuencia de corte superior de tal manera que los artefactos de estimulación no afecten a las medidas. En el caso de bobinas TMS repetitivas, esta frecuencia es usualmente de 3 kHz.
- El módulo 13 electrónico incluye un potenciómetro 18' que permite ajustar el voltaje OVS de salida cuando se aplica un peso constante al sensor 1. La sensibilidad preferida se establece de manera que se entrega un quinto (1/5) del intervalo para una presión de 200 g/cm².
- La sensibilidad se ajusta de manera individual para cada sensor o para cada lote, utilizando un método de calibración para garantizar la repetitividad a lo largo de un lote de producción, o bien para un amplio número de sensores 1 de diferentes formas.
- El circuito 12 de bucle de control es comprobado por el módulo 13 electrónico mediante la medición de la resistencia del circuito y garantizando que el valor es de aproximadamente unos pocos ohmios.
- En el caso de que el sensor 1 no esté enchufado, o de que la superficie presente rasgaduras y rasguños, la resistencia tendrá un valor más elevado o incluso se convertirá en un circuito abierto, lo que podrá ser detectado por los circuitos electrónicos.

ES 2 758 498 T3

El microcontrolador 21, que utiliza por ejemplo un controlador Microchip PIC, se utiliza para convertir las señales analógicas de las áreas de contacto en un valor numérico que se almacena como un valor entero o un valor flotante en la memoria 21' volátil del controlador 21. El valor analógico se convierte a un valor adimensional, pero se puede utilizar una tabla para calibrar estos valores adimensionales y pasarlos a g/cm².

- 5 El valor digital del bucle de control también se convierte a un valor booleano en la memoria para informar de que el sensor 1 está conectado (no se ha roto ningún cable) y de que no está dañado.

Los valores se actualizan mediante una tasa de refresco que es compatible con el filtrado de paso bajo utilizado para eliminar los artefactos de los pulsos magnéticos, por ejemplo con un periodo doble del periodo de corte del filtro 19 de paso bajo analógico.

- 10 El controlador 21 puede almacenar en una memoria 21' no volátil un número de identificación único y una información de vida útil de un sensor 1 dado, de tal manera que el sistema 17 de control puede informar al usuario acerca de: el número de horas durante las que se ha utilizado el sensor (vida útil), cuanto tiempo ha estado saturado, o si está caducado y no debería utilizarse más.

- 15 Los contadores de vida útil se actualizan con la misma tasa de refresco con la que se leen los valores de entrada y se escriben en una memoria no volátil.

La comunicación entre el microcontrolador 21 y el sistema 17 de control se lleva a cabo, por ejemplo, por medio de:

- un bus serie tal como: RS232, RS485, USB
- un bus paralelo tal como: Bus CAN, Ethernet, buses Ether CAT.

- 20 El microcontrolador 21 contiene un software que se utiliza para configurar dicho microcontrolador 21 e implementa las funcionalidades y protocolos anteriormente mencionados para recabar datos.

El sistema 17 de control utiliza la información de presión proveniente del sensor 1 para informar al usuario acerca de la intensidad de la presión aplicada al sensor 1 de manera que el contacto sea suave e indoloro para el paciente 5.

También informa del estado de conexión del sensor 1 y de su integridad (bucle 12 de control).

- 25 Utilizando varias áreas de contacto, también puede informar al usuario acerca de si la parte central de la superficie activa del conjunto 2 de bobina está haciendo contacto.

Esta información puede mostrarse bien mediante luces en el sistema 17 de control, bien mediante una pantalla o visualizador específico, o bien mediante la emisión de sonidos característicos tales como un pitido corto repetitivo cuando no existe contacto, silencio cuando se aplica un contacto suficiente, o un pitido continuo cuando el contacto es demasiado fuerte.

- 30 La información de presión se divide en niveles para segmentar la cantidad de fuerza aplicada por el conjunto 2 de bobina sobre el cuerpo del paciente 5.

Esto permite al sistema 17 de control detectar el nivel de contacto deseado entre el cuerpo 5 y el conjunto 2 de bobina:

- 35 - un nivel cero, o contacto nulo, si no se detecta ninguna presión ni tampoco ruido eléctrico. Por ejemplo, presión por debajo de 50 g/cm²
- un nivel 1, o contacto leve, si el conjunto 2 de bobina toca el cuerpo sin aplicar una presión suficiente como para evitar el hueco de aire producido, por ejemplo, por el pelo o por un gorro de cabeza. Por ejemplo, presión entre 50 g/cm² y 150 g/cm²
- 40 - un nivel 2, o contacto suave y confortable, que significa que la presión es suficientemente alta para evitar un hueco de aire, y que está en contacto con la piel. Por ejemplo, presión entre 150 g/cm² y 300 g/cm²
- un nivel 3, o contacto excesivo, si la presión es mayor que la que proporcionaría una sensación aceptable. Por ejemplo, presión entre 300 g/cm² y 1000 g/cm²
- un nivel 4, o contacto excesivo o saturado. Por ejemplo, presión por encima de 1000 g/cm².

- 45 Los valores del ejemplo anterior se ofrecen para un sistema 17 de control que gestiona un contacto con la cabeza, y los valores pueden optimizarse para otra parte del cuerpo.

La presión actualmente aplicada es convertida en la previa mediante los valores mencionados y una señal visual o una señal sonora advierte al usuario si el contacto es demasiado ligero (0 o 1) o demasiado fuerte (3 o 4).

El sistema 17 de control puede utilizar el nivel de control para condicionar el disparo de un pulso magnético.

Utilizando un sensor 1 equipado con un circuito 12 de bucle de control y conectado a un módulo 12 de control electrónico, el sistema 17 de control puede detectar si el bucle 12 de control está roto (circuito abierto) lo que significa que o bien el sensor está dañado o bien se ha roto o se ha desconectado un cable.

5 Esta información puede utilizarse para informar al usuario acerca de un fallo bien en el cableado interno o bien en un sensor 1 defectuoso que necesita ser reemplazado o reparado.

En el caso de que se utilice un microcontrolador 21, puede utilizarse un número de identificación único para rastrear el uso del sensor 1 que puede utilizarse para rastrear el uso de la bobina.

Los contadores de vida útil pueden ser recuperados de manera que el usuario puede ser informado acerca de las estadísticas de uso y de si el sensor considerado queda anticuado.

10 La invención también concierne a un método para tratamiento de estimulación magnética transcraneal (TMS) de un paciente 5 utilizando un equipo 14 tal como se describió anteriormente, caracterizado por que comprende al menos las dos fases operacionales sucesivas de:

15 - posicionar en primer lugar el conjunto 2 de bobina TMS en contacto con el área fijada como objetivo en el cuerpo del paciente 5, mediante el guiado manual del brazo 16 de sostenimiento y posicionamiento robotizado funcionando en un modo colaborativo y mediante la utilización de los datos proporcionados por el dispositivo 1 FSR asociados al mencionado conjunto 2 de bobina, y

20 - una vez que se ha conseguido el posicionamiento correcto, conmutar el equipo 14 llevándolo a un modo de tratamiento automatizado, de acuerdo con un protocolo de tratamiento predeterminado, en donde se aplica un procedimiento de enclavamiento de objetivo para mantener de manera automática al conjunto 2 de bobina TMS en la posición correcta con respecto al área fijada como objetivo, utilizando de manera simultánea datos de imagen de la escena operativa tomados por un dispositivo 22 de toma de imágenes y datos de presión del dispositivo 1 FSR asociados con el mencionado conjunto 2 de bobina implicado.

25 Estas dos fases se ilustran de manera esquemática en las figuras 6A y 6B. En estas figuras, el brazo 16 robotizado, el paciente 5 y el conjunto 2 de bobina están equipados con marcadores 23 de referencia, visibles en un medio de imagen óptico, pero preferiblemente también en otro medio de imagen (RMI, CT, escáner, ...). El paciente 5 puede estar sentado o bien puede estar tumbado en una camilla (no mostrado).

El técnico 24 solamente está presente y activo en la fase de posicionamiento colaborativo del conjunto 2 de bobina (figura 6A).

30 Como una alternativa al brazo 16 robotizado de las figuras 6A y 6B, la estructura que sostiene y posiciona el conjunto 2 de bobina puede ser un dispositivo robótico tal como se describe en el documento WO-A-2006/035143.

En resumen, la presente invención concierne principalmente a un sensor 1 de fuerza, sus sistemas electrónicos de procesamiento de señal utilizados para medir un contacto establecido entre la piel de un cuerpo 5 de un paciente y una bobina 2" de estimulación magnética con el fin de garantizar un contacto suave y permanente durante la estimulación.

35 De manera más específica, el sensor 1 está diseñado para ser compatible con procedimientos de estimulación magnética externa basadas en pulsos, específicamente en el caso de estimulación magnética transcraneal (TMS) y bobinas de estimulación de nervios periféricos. Se pretende utilizar la invención con equipos de estimulación magnética estándar y bobinas de estimulación estándar, bien en procedimientos robotizado o bien para funcionamiento manual.

40 El conjunto 1 de sensor de fuerza consiste en una disposición especial de capas 4, 6, 8, 9, 9' de detección de fuerza y un sistema 13 electrónico de procesamiento de señal asociado diseñado específicamente para filtrar perturbaciones en los pulsos magnéticos y permite que el sistema 17 de control del equipo 14 informe al usuario en tiempo real acerca de si la bobina implicada está aplicada de manera correcta o no.

El patrón conductor del sensor 1 FSR puede diseñarse para cubrir cualquier tipo de forma.

45 En una versión simplificada de la invención, la cara completa del conjunto 2 de bobina puede estar cubierta por un sensor 1 de fuerza con un área solamente. Esto permite al sistema de control estar alerta de la bobina que entra en contacto con el cuerpo con la cabeza, independientemente de la posición del contacto en el seno del área. Ciertamente, la posición del contacto puede medirse sin necesidad del sensor de fuerza, utilizando un sistema 22 de medida tridimensional externo como una cámara, un brazo mecánico pasivo equipado con sensores de posición, un robot que maneja la bobina, o un sistema de neuro-navegación.

Una alternativa consiste en tener solamente un sensor 1 pequeño que cubre solamente la parte central de la bobina 2", donde se presupone que se va a aplicar la estimulación, de tal manera que el sensor de fuerza puede utilizarse para medir la posición del contacto cuando no hay disponibilidad de un sistema de medida tridimensional externo

para garantizar el correcto posicionamiento de la bobina 2".

5 Los inventores han llevado a cabo experimentos con realizaciones del sensor 1 con tecnología FSR utilizando bobinas 2" y estimuladores 14 comerciales, con protocolos de estimulación con intensidad máxima. La corriente eléctrica utilizada para medir la resistencia eléctrica estaba por debajo de 1 mA. La perturbación del campo magnético en la señal de salida se percibió como variaciones pequeñas en el voltaje, cuya duración es menor que la duración del pulso. Esta perturbación fue fácilmente filtrada utilizando un filtro 19 de paso bajo con condensadores y resistencias adaptadas cuyos valores fueron calculados de tal manera que la frecuencia (o periodo) de corte superior estaba por debajo de la duración del pulso magnético. Por ejemplo, la máxima duración de pulso fue de 1 milisegundo, de tal manera que el filtro 19 se ajustó para tener una frecuencia de corte superior de 1 kHz. La fórmula utilizada para la selección de los componentes fue la clásica fórmula para la constante de tiempo R*C: Frecuencia de Corte = $1/(2*\pi*R*C)$, o bien Periodo de Corte = $2*\pi*R*C$.

10 Con el fin de reducir la huella de los circuitos electrónicos, los condensadores y las resistencias son componentes de montaje superficial, cuyos valores se eligieron en los intervalos $C = 1 \dots 100 \text{ nF}$, y $R = 0,1 \dots 100 \text{ kOhmios}$.

15 La invención, por supuesto, no está limitada a las realizaciones, alternativas y características propias mencionadas anteriormente en la presente memoria, sino que también pretende englobar equivalentes técnicos de la materia objeto de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

5 1.- Un dispositivo (1) de resistencia sensible a la fuerza (FSR, *Force Sensitive Resistor*), compatible con una bobina de estimulación magnética y configurado y previsto para ser fijado a la superficie (2') plana activa de un conjunto (2) de bobina de estimulación magnética, como por ejemplo un conjunto (2) de bobina (TMS, *Transcranial Magnetic Stimulation*) de estimulación magnética transcraneal, en donde las capas funcionales de dicho dispositivo (1) FSR comprenden el siguiente apilamiento de capas (4, 6, 7, 8, 10), enumeradas de manera sucesiva desde su cara (3) superior o de contacto con la piel hasta su cara (3') inferior o de contacto con la bobina:

- 10 - una primera capa (4) fabricada de un material biocompatible flexible que sirve para ser aplicada a la piel de un paciente (5);
- una segunda capa (6) que comprende un patrón o un área de tinta sensible a la fuerza o resistiva impresa en una placa (11);
- una tercera capa (7) que comprende un material adhesivo, que forma un elemento (7') espaciador periférico entre la segunda capa (6) y una cuarta capa (8);
- 15 - una cuarta capa (8) fabricada de un sustrato (8') de policarbonato termoestable flexible con un patrón (9, 9') conductor impreso de un circuito de detección de fuerza;
- una quinta capa (10) que forma una superficie adhesiva en la cara (3') inferior.

en donde

20 el patrón impreso o el área de tinta sensible a la fuerza o resistiva de la segunda capa (6) está portado por una placa (11) semi-flexible de material policarbonato termoestable, con un grosor menor de 1 mm, de manera que dicha placa (11) constituye una capa de distribución de presiones intermedia entre las capas primera (4) y segunda (6),

en donde dicha placa (11) de policarbonato semi-flexible está pegada mediante adhesivo, por un lado, con su cara que porta la tinta de la segunda capa (6) y a través del elemento (7') espaciador periférico de la tercera capa (7), a la cuarta capa (8) y, por otro lado, íntima y continuamente a la primera capa (4), y

25 en donde el mencionado elemento (7') espaciador periférico de la tercera capa (7) centralmente hueca define o delimita un hueco (7'') de aire entre las mencionadas capas segunda y cuarta (6 y 8).

2.- Un dispositivo FSR según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende un bucle (12) de control que se extiende alrededor del patrón (9, 9') conductor de la cuarta capa (8), a lo largo del borde periférico de su sustrato (8') y debajo del cuerpo (7') periférico de la tercera capa (7).

30 3.- Un dispositivo FSR según la reivindicación 2, caracterizado por que la línea (12) conductora que forma el bucle de control periférico y los dos componentes (9 y 9') complementarios que forman el patrón conductor impreso de la cuarta capa (8), tal como dos peines interdigitados, incluyen terminales (9'', 12') eléctricos respectivos para la conexión con un módulo (13) de procesamiento de señal electrónica.

35 4.- Un dispositivo FSR según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el cuerpo (7') periférico con forma de anillo o de marco de la tercera capa (7) y la quinta capa (10) están fabricados con cinta adhesiva de doble cara.

5.- Un dispositivo FSR según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que está dotado de un tamaño y está configurado para cubrir la totalidad de la superficie (2') activa del conjunto (2) de bobina correspondiente al que se pretende fijar.

40 6.- Un dispositivo FSR según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que está dotado de un tamaño y está configurado para cubrir un área central limitada de la superficie (2') activa del correspondiente conjunto (2) de bobina al que se pretende fijar.

45 7.- Un equipo (14) de estimulación magnética, en particular de estimulación TMS, que comprende al menos un conjunto (2) de bobina de estimulación, un generador (15) que suministra señales eléctricas a la mencionada al menos una bobina, una estructura (16) de sostenimiento y posicionamiento de bobina robotizada o accionada manualmente y un sistema (17) de control,

50 en donde el equipo (14) está caracterizado por que el mencionado al menos un conjunto (2) de bobina comprende, fijado mediante adhesivo en su superficie (2') activa o en cada una de sus superficies (2') activas, un dispositivo (1) FSR plano de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 que está conectado a un módulo (13) o circuito de procesamiento de señal electrónica adaptado, preferiblemente asociado a, o formando parte de, el sistema (17) de control del equipo (14).

- 8.- Un equipo según la reivindicación 7, caracterizado por que el módulo (13) de procesamiento de señal comprende un sistema (18) basado en amplificador operacional capaz de inyectar una pequeña corriente, típicamente menor de 1 miliamperio, al patrón (9, 9') conductor impreso de la cuarta capa (8) y capaz también de medir la señal de voltaje de salida (OVS, *Output Voltage Signal*) indicativa de la resistencia eléctrica del dispositivo (1) FSR conectado a dicho módulo (13), en donde este módulo (13) también incluye un potenciómetro (18') para calibrar la sensibilidad de la medida mediante una presión de referencia aplicada en la primera capa (4) del dispositivo (1), y un medio de resistencia, condensador y diodo dispuestos para proteger al sistema frente a sobre-corrientes.
- 9.- Un equipo según la reivindicación 7 o la reivindicación 8, caracterizado por que el módulo (13) comprende un filtro (19) de paso bajo, preferiblemente analógico, preferiblemente formado por componentes pasivos tales como resistencias y condensadores, en donde dicho filtro (19) de paso bajo procesa la señal de voltaje (OVS) de salida y posee un período de corte al menos el doble de la máxima duración del pulso magnético esperable emitido por el conjunto (2) de bobina correspondiente.
- 10.- Un equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado por que el módulo (13) de procesamiento de señal también está conectado a los terminales (12') del bucle (12) de control del dispositivo (1) FSR y comprende otro sistema (19) basado en amplificador operacional capaz de detectar si el bucle (12) de control mencionado está o no dañado o desconectado mediante la medición de su resistencia eléctrica, y también capaz de proporcionar una información correspondiente sobre ese particular, por ejemplo como un voltaje digital de salida, de manera que dicho sistema (20) también incorpora un medio de resistencia, condensador y diodo dispuestos para proteger al sistema frente a sobre-corrientes.
- 11.- Un equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado por que el módulo (13) de procesamiento de señal también comprende un microcontrolador (21) y software asociado capaz de convertir valores de mediciones analógicas en datos digitales y también memorias (21') volátiles y no volátiles capaces de almacenar dichos datos y accesibles a través de un bus o de una conexión serie.
- 12.- Un equipo según la reivindicación 11, caracterizado por que la memoria no volátil comprende contadores para almacenar tiempo de vida útil, tiempo de saturación e información de tiempo de caducidad correspondiente a un dispositivo (1) FSR considerado, lo que permite identificar y rastrear dicho dispositivo (1) durante su vida útil.
- 13.- Un equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, caracterizado por que el sistema (17) de control comprende un medio de software para procesar la información proporcionada por el módulo (13) de procesamiento de señal asociado al al menos un dispositivo (1) FSR y para determinar si el conjunto (2) de bobina implicado está en contacto con el cuerpo de un paciente (5) de una manera adecuada para aplicar las señales de estimulación a la bobina o las bobinas.
- 14.- Un equipo según la reivindicación 13, caracterizado por que la información proporcionada por el módulo (13) de procesamiento de señal, en la forma de un voltaje analógico o digital o de datos de presión, se compara por parte del sistema (17) de control con valores umbrales, preferiblemente al menos con un valor mínimo predeterminado y con un valor máximo predeterminado.
- 15.- Un equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, caracterizado por que comprende un medio de señalización o de realimentación visual y/o sonora disparada por el sistema (17) de control cuando el al menos un conjunto (2) de bobina, o al menos una parte de la superficie (2') activa en un conjunto (2) tal, entra en contacto con el cuerpo del paciente (5) mediante una fuerza o una presión suaves, por ejemplo cuando la presión aplicada al dispositivo (1) FSR implicado está comprendido en el intervalo entre 50 g/cm² y 500 g/cm².
- 16.- Un equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 15, caracterizado por que la estructura (16) de sostenimiento y posicionamiento del al menos un conjunto (2) de bobina comprende un brazo robotizado con al menos seis grados de libertad, o bien un robot de seis ejes, preferiblemente del tipo interactivo o colaborativo hombre-máquina, y controlado por el sistema (17) de control, que de manera ventajosa utiliza los datos proporcionados por el al menos un dispositivo (1) FSR asociado al mencionado al menos un conjunto (2) de bobina, como información de realimentación y de comando.
- 17.- Un equipo según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 16, caracterizado por que comprende un dispositivo (22) de toma de imágenes, preferiblemente un dispositivo óptico de toma de imágenes, conectado al sistema (17) de control y que proporciona imágenes, de manera ventajosa imágenes de vídeo en tiempo real, que permiten una localización y un rastreo del al menos un conjunto (2) de bobina por parte del mencionado sistema (17) de control.

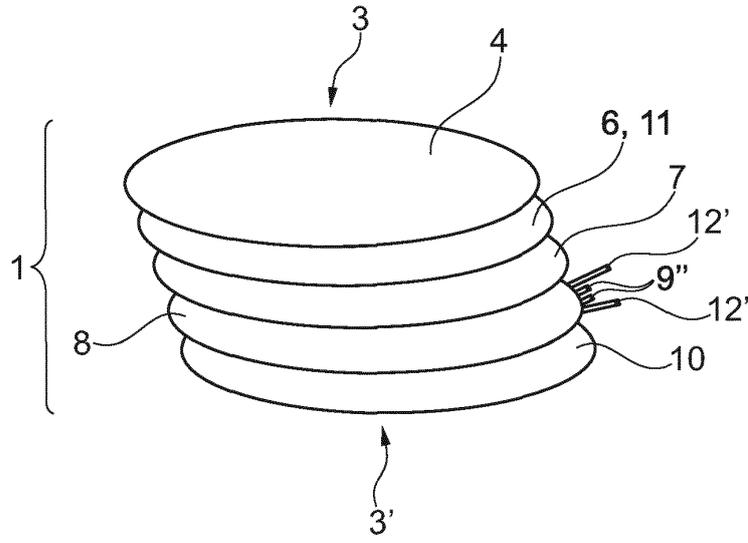


Fig. 1

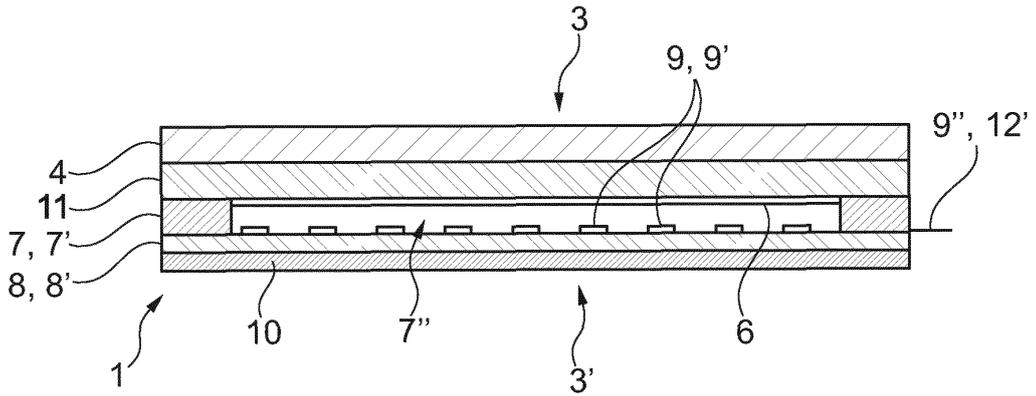


Fig. 2

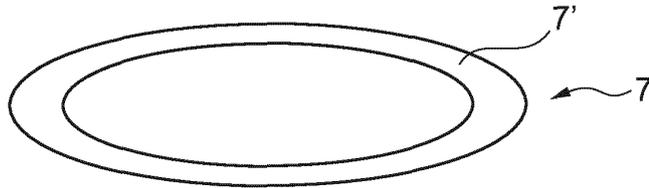


Fig. 3

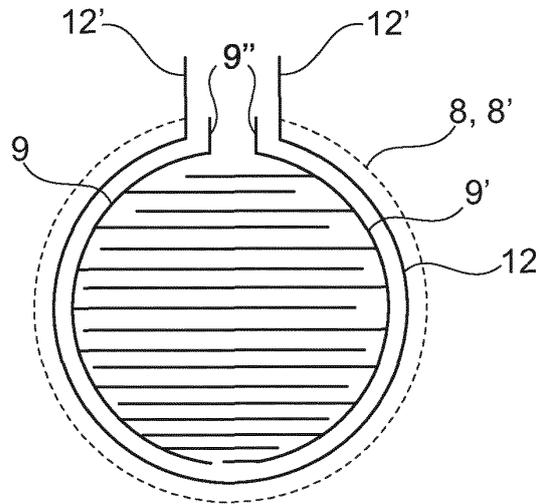


Fig. 4

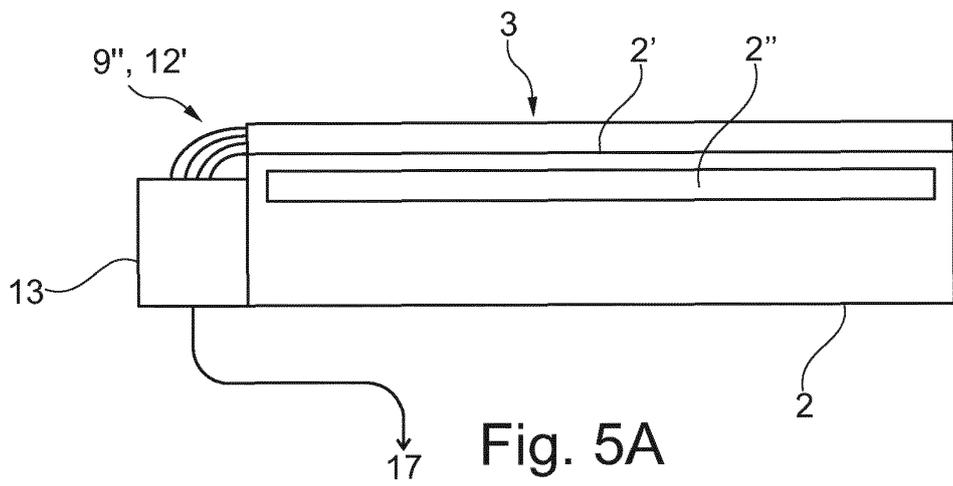


Fig. 5A

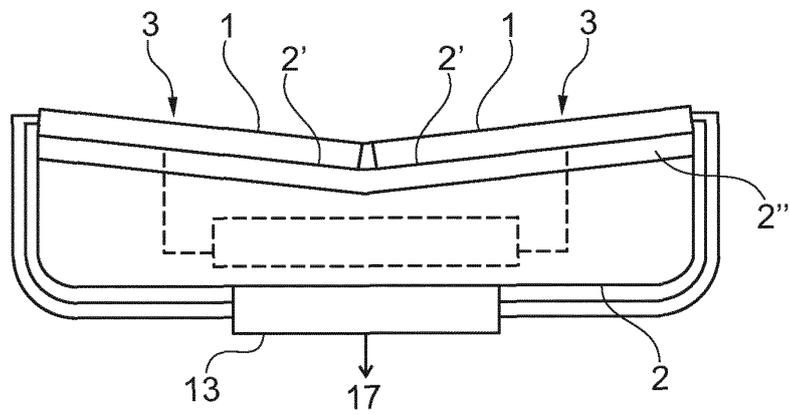


Fig. 5B

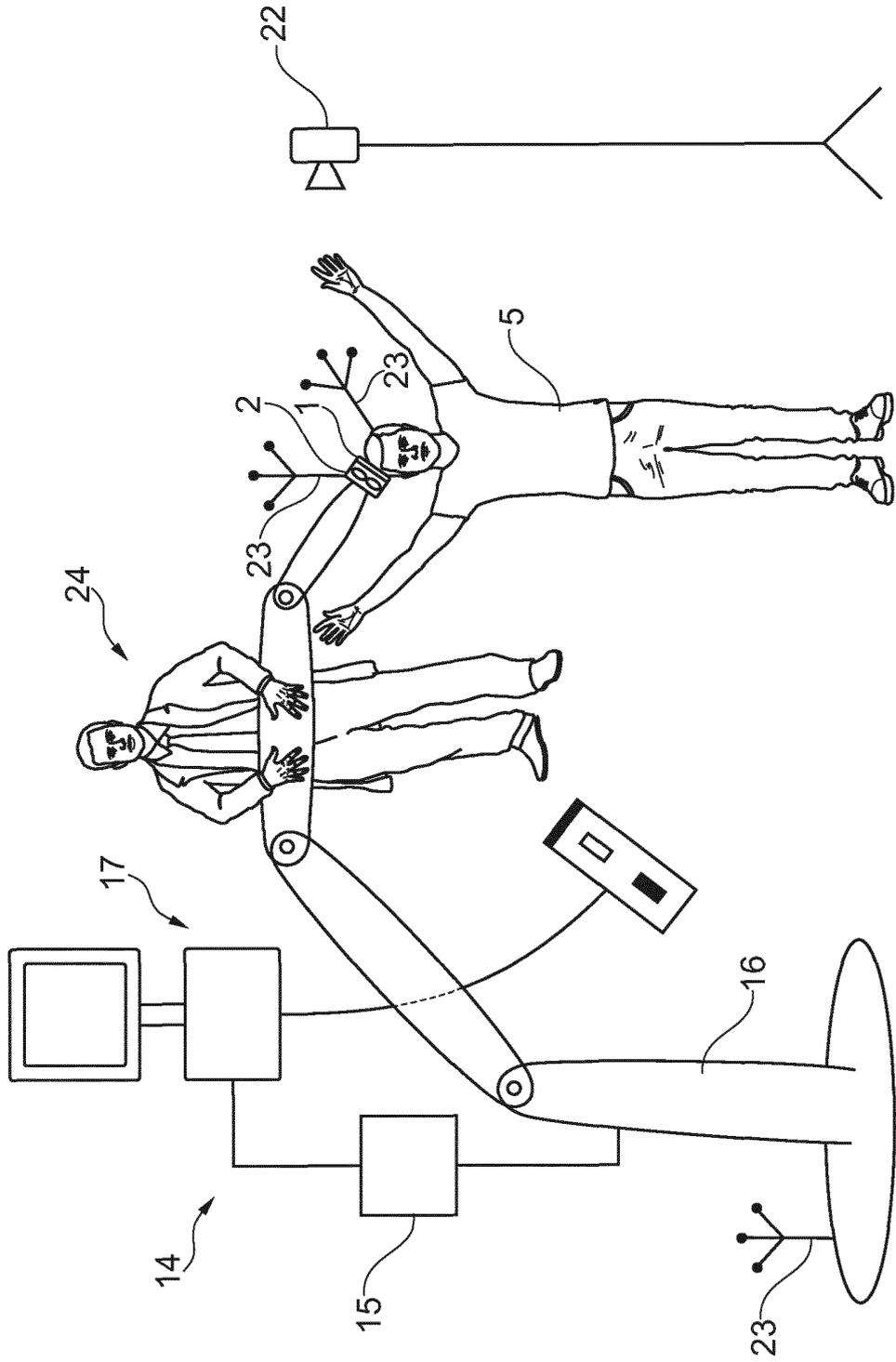


Fig. 6A

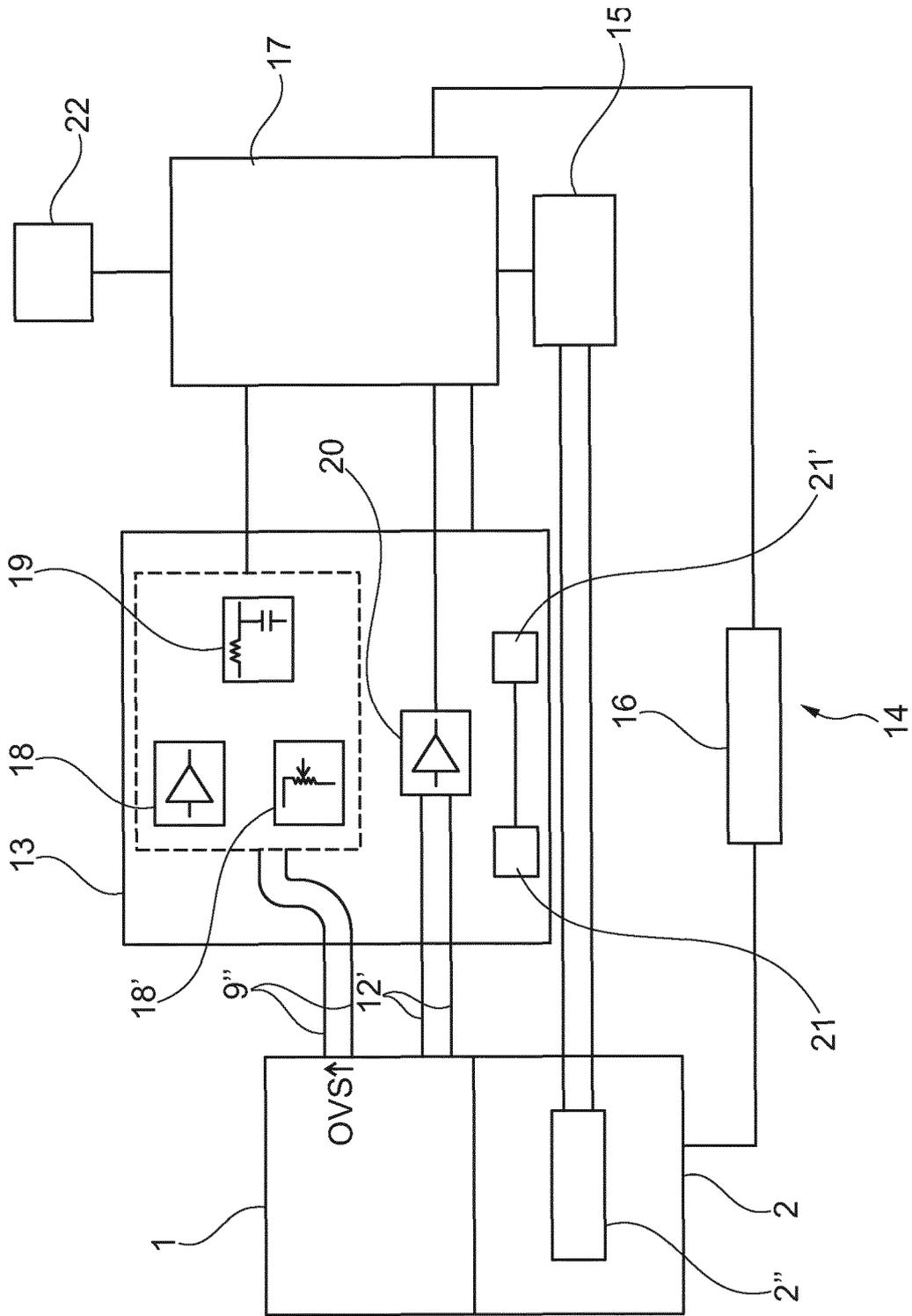


Fig. 7