

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 052**

51 Int. Cl.:

A61B 5/103 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.08.2012 PCT/IB2012/054068**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.02.2013 WO13027145**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2012 E 12808470 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2747645**

54 Título: **Estructura de almohadilla sensorizada**

30 Prioridad:

23.08.2011 IT PI20110091

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

21.07.2017

73 Titular/es:

**SCUOLA SUPERIORE DI STUDI UNIVERSITARI E
DI PERFEZIONAMENTO SANT'ANNA (100.0%)
Piazza Martiri della Libertà, 33
56127 Pisa , IT**

72 Inventor/es:

**DE ROSSI, STEFANO MARCO MARIA;
LENZI, TOMMASO;
VITIELLO, NICOLA;
PERSICHETTI, ALESSANDRO;
GIOVACCHINI, FRANCESCO y
CARROZZA, MARIA CHIARA**

74 Agente/Representante:

LAHIDALGA DE CAREAGA, José Luis

ES 2 626 052 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

ESTRUCTURA DE ALMOHADILLA SENSORIZADA

- 5 CAMPO DE LA INVENCION
- La presente invención se refiere a una estructura de almohadilla sensorizada capaz de medir la acción de contacto con una plantilla de un pie de un usuario, que determina la intensidad de la acción táctil y la posición de aplicación de dicha acción.
- 10 DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA ANTERIOR
- 15 Como es bien conocido, para analizar una posición de pie estática de un paciente, o incluso para evaluar la dinámica de la forma de andar, se utilizan almohadillas sensorizadas en donde se controlan las presiones plantares en las numerosas zonas del pie o la variación y las distribuciones de las presiones plantares al andar. Una clase específica de dichas almohadillas para evaluar las presiones plantares es conocida y se denomina placa de los pies o plataforma de fuerza.
- 20 La plataforma de fuerza es una almohadilla que consiste en una pluralidad de sensores que miden, durante el movimiento del pie, una fuerza, una superficie y un tiempo. Estos tres factores permiten analizar el conjunto de movimiento de las extremidades inferiores y para averiguar el posible origen postural de los síntomas descritos por el paciente.
- 25 Como alternativa a las almohadillas sensorizadas, se utilizan las así denominadas plantillas sensorizadas, que permiten analizar las presiones de un pie en un calzado, registrando datos sobre la base también de algunos pasos andados hasta varias horas andando. El paciente tiene libertad de movimientos en cualquier dirección y conforme a sus propias costumbres.
- 30 En particular, cada plantilla sensorizada se coloca en el calzado y está conectada a una unidad informática de recogida de datos soportada por el calzado del paciente. Como alternativa, en donde no sea posible, la circuitería electrónica puede conectarse a la pelvis, al tobillo, a la pierna o puede conectarse mediante un cable a la plantilla.
- 35 En particular, varios tipos de sensores distantes se utilizan para las plantillas tales como sensores capacitivos, en los que la presión del pie cambia la capacidad (véase, a modo de ejemplo, el documento WO2009089406) sensores resistivos, en los que la presión del pie cambia la resistencia, sensores de tinta o sensores de polímeros que utilizan la capacidad conductora de tintas o polímeros. Los tipos de sensores anteriormente descritos requieren un frecuente ajuste, con el fin de obtener medidas exactas.
- 40 Una tecnología de hidrocélulas es también conocida, en donde sobre la superficie de soporte del pie se disponen receptáculos que contienen líquido, o aire, en combinación con los sensores de presión piezo-resistivos para determinar la presión del fluido.
- 45 Además, se utilizan sensores que incluyen sensores ópticos que miden la variación de la luz emitida por una fuente de luz hacia un elemento sensible.
- 50 Las almohadillas que constituyen las plantillas sensorizadas pueden clasificarse por clase de sensor utilizado y por el número y distribución de sensores y comprenden: almohadillas o plantillas para distribución discreta y almohadillas o plantillas con matriz de sensores.
- 55 En la primera clase, los varios sensores no cubren el área total de la almohadilla o plantilla, y es posible determinar solamente una información relativa a la componente vertical de la fuerza de reacción en el suelo en las áreas de interés, esto es, las áreas en donde los sensores están provistos.
- La clase anteriormente descrita, debido a un bajo número de sensores, deja espacio libre dentro de la misma almohadilla o plantilla para poner en práctica la totalidad de la circuitería electrónica necesaria para su funcionamiento, de modo que sean de uso cómodo y práctico, pero no permiten obtener una detección de las presiones.
- 60 En la segunda clase, esto es, almohadillas o plantillas con matriz de sensores, según se describe en el documento WO2009089406, un número mucho más elevado de sensores están presentes que cubren prácticamente toda la zona de contacto. De este modo, es posible obtener una disposición de correspondencia global de la presión plantar, en particular: la componente vertical de la fuerza de reacción total respecto al suelo (*fuerza de reacción total del suelo*), el centro de presión (CoP) y la distribución de las presiones plantares sobre todo el pie. Puede ocurrir, sin embargo, que en dichas almohadillas o plantillas, la disposición matricial de los sensores y en consecuencia, una disposición próxima entre sí, traiga consigo, por un efecto de proximidad, que los sensores próximos que no están directamente sometidos a la presión plantar (diafonía biológica) resulten afectados. Una medida no exacta se deduce que no es fiable puesto que
- 65 implica un número de sensores diferente con respecto a los realmente sometidos a la presión plantar.

Además, en los tipos de almohadillas y plantillas anteriormente descritos con alta densidad de sensores, es necesario proporcionar circuitos electrónicos separados y exteriores para analizar y amplificar las señales procedentes de los sensores y transmitirlos a una unidad de control distante, así como una batería distante. Por lo tanto, dichas almohadillas o plantillas de disposición matricial se utilizan exclusivamente en centros especializados puesto que requieren espacios y dispositivos dedicados que han de montarse y ajustarse por operadores expertos para obtener medidas fiables.

Lo que antecede hace imposible un uso, a modo de ejemplo, en el campo de los dispositivos terapéuticos domésticos o dispositivos personalizados.

El artículo de Wei-Chih Wang et. al, titulado "Desarrollo de un sensor de pérdida de inflexión óptica microfabricado para medida de presión distributiva", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, vol. 55, nº 2, 2008, páginas 614-625, da a conocer un sensor de alta resolución flexible capaz de medir la distribución de la presión debajo del pie mediante un sistema de guías de ondas ópticas microfabricado, en donde, cuando se carga el sensor, la guía de ondas se pliega y se atenúa la intensidad de la luz en la guía de ondas.

El artículo de Stefano Marco Maria De Rossi et. al, titulado "Detección de la distribución de presiones sobre una interfaz hombre-máquina física de exoesqueleto de extremidades inferiores, Sensores 2011 vol. 11, páginas 207-227, da a conocer un sensor de presión distribuida constituido por un conjunto matricial de elementos sensibles sobre la base de un principio de transducción mecano-opto-electrónica, en donde cada elemento sensible está constituido por un emisor de luz y por un receptor de luz y el sensor completo está cubierto por un casco silicónico blando.

La necesidad consiste en proporcionar una almohadilla o suela sensorizada que no tenga ningún problema de ajuste de los sensores y que no requiera un aparato de control exterior o medios de suministro de energía y que haga posible obtener medidas precisas y fiables.

En particular, en caso de una plantilla, es deseable que pueda estar completamente integrada en los calzados y que permita, asimismo, obtener una distribución de correspondencia total del área plantar.

SUMARIO DE LA INVENCION

Por lo tanto, es una característica de la presente invención dar a conocer una estructura de almohadilla sensorizada que tiene una alta densidad de sensores y asimismo, tiene una buena resolución espacial y al mismo tiempo, no requiere la presencia de dispositivos externos.

Es otra característica de la presente invención dar a conocer una estructura de almohadilla sensorizada que hace posible obtener medidas muy exactas y que no requiere operaciones de ajuste.

Es una característica adicional de la presente invención dar a conocer una estructura de almohadilla sensorizada que puede insertarse completamente dentro de un calzado con el fin de controlar las condiciones diarias al andar en un paciente.

Otra característica de la presente invención es dar a conocer una estructura de almohadilla sensorizada y de producción fácil y de bajo coste.

Estos y otros objetos se consiguen por una estructura de almohadilla sensorizada que comprende:

- una base de soporte;
- una pluralidad de sensores distribuidos en dicha base de soporte, adaptados para generar respectivas señales de medida cuando están sometidos a una carga que se les aplica;
- una unidad de control asociada con dicha pluralidad de sensores configurada para analizar y/o transmitir dichas señales de medida;
- una unidad de suministro de energía dispuesta para suministrar energía a dicha pluralidad de sensores y dicha unidad de control;

en donde cada sensor comprende una célula deformable con forma de caja y en donde dicha pluralidad de sensores está dispuesta sobre dicha base de soporte de modo que dichas células sean adyacentes entre sí, comprendiendo cada una de dichas células:

- una pared de soporte que está en posición opuesta, en uso, a dicha base de soporte, y dispuesta para recibir dicha carga, y una pluralidad de paredes laterales deformables situadas entre dicha base de soporte y dicha pared de soporte que definen un alojamiento;

- al menos un emisor de luz y al menos un detector fotosensible en dicho alojamiento, estando dicho detector fotosensible configurado para medir una intensidad de luz cambiante recogida desde dicho emisor debido a la deformación de cada célula cuando se somete a dicha carga,

- 5
- en donde dichas células están separadas entre sí por un espacio de separación predeterminado de modo que, cuando dicha pared de soporte de cada célula se somete a dicha carga, dichas paredes laterales cambian su forma y son comprimidas hacia dicha base de soporte y, mientras se expanden lateralmente, ocupan un espacio de deformación menor que dicho espacio de separación, de modo que las células adyacentes no entren en contacto mutuo;

10 en donde dichas células tienen una estructura de pirámide truncada y definen una matriz de células, de tal modo que:

- dicha estructura de pirámide truncada sea rígida con respecto a las cargas tangenciales que se aplican sobre dichas paredes laterales y deformables con respecto a las cargas normales que se aplican sobre dicha pared de soporte;
- dicha estructura de pirámide truncada en combinación con dichos sensores, permite que dichas señales de medida tengan un amplio margen dinámico que sea suficientemente alto para transmitirse directamente y analizarse por dicha unidad de control;

20 en donde cada célula de pirámide truncada tiene una parte escalonada de tal modo que:

- las partes escalonadas de células de forma de pirámide truncada adyacentes sean prácticamente adyacentes entre sí;
- un espacio de separación mínimo S_{min} se define en dicha parte escalonada; y un espacio de separación máximo S_{max} se define en dicha pared de soporte;

y en donde cada una de dichas células comprende:

- dicho emisor de una fuente de luz;
- dicho detector fotosensible dispuesto en posición opuesta a dicho emisor;
- un elemento de separación situado entre dicho emisor y dicho detector fotosensible y que está dispuesto para desplazarse desde una configuración de reposo, en donde dicha célula no está sometida a dicha carga y toda la luz emitida por dicho emisor se recoge por dicho detector fotosensible, hacia una configuración portadora, en donde dicho elemento de separación se hace descender proporcionalmente a dicha carga y está situado entre dicho emisor y dicho detector fotosensible enmascarando parcialmente la luz dirigida hacia dicho detector fotosensible, proporcionalmente a dicha carga.

40 De este modo, cada célula recupera una señal de medida sensible a la carga que se le aplica, sin que existan fenómenos la denominada diafonía biológica entre células adyacentes. De hecho, solamente las células sometidas a la carga generan una señal de medida correspondiente y las células adyacentes no resultan afectadas, puesto que la deformación de las paredes laterales de cada célula es menor que el espacio de deformación establecido entre las células. Dicho de otro modo, las células no directamente sometidas a la carga no resultan afectadas por la deformación o "hinchamiento" de las células sometidas a la carga, y no proporcionan, entonces, una señal de medida correspondiente. De este modo, está asegurada una medida más exacta de las presiones generadas sobre la suela del pie durante el desplazamiento del paciente o durante el mantenimiento de una posición de pie estática.

50 Además, las células con forma de caja están dispuestas como un conjunto matricial de amortiguadores elásticos que permiten un amortiguamiento global, sin requerir entonces la presencia de capas amortiguadoras de suela adicionales.

55 En una forma de realización preferida, cada célula comprende un marco límite, de material elástico, para definir dicho alojamiento en donde dicho emisor y dicho detector fotosensible, junto con dicho marco límite están dispuestos para contener componentes electrónicos, a modo de ejemplo, componentes de adquisición/acondicionamiento.

60 El marco límite rodea un alojamiento en donde están dispuestos el emisor y el detector, proporcionando una zona libre disponible para la disposición de componentes electrónicos en una forma distribuida. De hecho, para la presencia de las paredes laterales y de sus espesores, las áreas en los sensores están rodeadas, según se observa en una vista en planta superior, por el marco límite no de interés por la zona ocupada por el emisor y por detector. Dicho marco límite proporciona una zona disponible en la que es posible disponer componentes electrónicos, a modo de ejemplo, componentes de adquisición/acondicionamiento, en una forma distribuida.

65 En particular, cada célula comprende una parte "vacía", que representa dicho alojamiento en donde dicho emisor de luz y dicho detector fotosensible están alojados, y una parte "maciza" rellena de material elástico, en particular caucho silicónico, conectada a dicha base de soporte. Las partes macizas constituyen, según se observa en una vista en planta

superior, una especie de "matriz de marcos". Toda esta zona puede utilizarse, de forma ventajosa, para el alojamiento en una forma distribuida de componentes electrónicos útiles, a modo de ejemplo, para acondicionar o transmitir los datos obtenidos.

5 En una forma de realización ejemplo, el emisor y el detector están conectados directamente a la base de soporte, que puede ser preferentemente una capa de semiconductores. De este modo, cada célula representa una envolvente elástica, estructurada en forma de campana, que define el alojamiento y establece la base de soporte.

10 Como alternativa, cada célula comprende una parte inferior cerrada para formar un recipiente cerrado en el que están presentes el emisor y el detector. Incluso, en este caso, cada célula se dispone luego sobre la base de soporte, con el fin de formar la superficie de soporte sensorizada.

15 En una forma de realización preferida, dichas células tienen una estructura de pirámide truncada con una base cuadrada o rectangular. En particular, dichas células rellenan la base y tienen paredes laterales oblicuas que finalizan en dicha pared de soporte.

20 La estructura de pirámide truncada es rígida con respecto a las cargas tangenciales que se aplican sobre las paredes laterales y deformables con respecto a las cargas normales que se aplican sobre la pared de soporte. Dicha estructura permite, entonces, minimizar la expansión de las paredes laterales y asimismo, permite la disposición sobre la base de soporte de un alto número de sensores próximos entre sí que mejoran notablemente la resolución de la almohadilla sensorizada.

25 Además, la estructura de pirámide truncada en combinación con los sensores ópticos permite que las señales de medida tengan una excursión de señal/alcance que es suficiente para transmitirse directamente y analizarse por la unidad de control.

30 El espacio de separación predeterminado S entre células adyacentes aumenta en altura, entre un valor mínimo y un valor máximo, de modo que en la base de pirámide truncada, las células están prácticamente adyacentes entre sí y en la parte superior de la forma de pirámide truncada, las células están espaciadas. De este modo, puesto que la expansión de las células, en forma de pirámide truncada, se realiza en la zona inmediata del tronco de la pirámide, se produce sin que exista, en ningún caso, un contacto importante entre las paredes laterales del tronco de la pirámide.

35 - El separador permite que el sensor no resulte afectado por la deformación tangencial alineada para el mismo elemento.

40 Además, la combinación entre el sensor óptico que incluye el emisor de luz con el detector fotosensible y la estructura piramidal de la célula con un elemento de separación, permiten obtener señales de medida de salida que incluyen ya una excursión de señal/alcance, que es suficientemente grande para transmitirse directamente y someterse a análisis. En particular, la señal de salida tiene un amplio margen dinámico (excursión de señal máxima), y por lo tanto, la circuitería electrónica, que puede utilizarse para el tratamiento de la señal, resulta simplificada. De este modo, la circuitería electrónica montada sobre la almohadilla se reduce al mínimo, de modo que puede integrarse completamente en la almohadilla sensorizada.

45 Esta combinación de estructura de célula y de los sensores genera salidas muy amplias, tal como la sensibilidad del sensor a las condiciones medioambientales (temperatura, humedad, *tiempo de deriva*) es mínima. De este modo, el sensor no requiere recalibraciones después del primer uso.

50 En particular, dicha separación está orientada en una dirección que es la misma que la mayor parte de las fuerzas tangenciales; en el caso del análisis de la forma de andar, está orientada a lo largo de la dirección de la misma. De este modo, el sensor es prácticamente insensible a la fuerza tangencial a lo largo de la dirección de la forma de andar desarrolladas entre el pie y la suela.

55 Como alternativa, cada célula comprende, en dicho alojamiento, N emisores y M receptores provistos de K elementos de separación. En este caso, es posible determinar, en la manera más exacta, la fuerza normal también en la presencia de una fuerza tangencial y para determinar también la fuerza tangencial.

En una forma de realización ejemplo particular, dicha almohadilla sensorizada es una suela sensorizada configurada para adaptarse a un calzado para controlar las presiones desarrolladas por el pie de un usuario.

60 En una forma de realización preferida, dicha plantilla sensorizada comprende un alojamiento dispuesto en el arco plantar para dicha unidad de control y dicha unidad de suministro de energía. De este modo, el alojamiento obtenido en el arco plantar tiene la ventaja de utilizar una zona que no está sujeta a presiones plantares (en sujetos sanos). En esta zona es posible, entonces, integrar toda la circuitería electrónica para adquisición de datos y tratamiento de la señal, con el fin de obtener una plantilla con electrónica incorporada.

65

En particular, dicha unidad de control comprende un medio para transmitir las señales de medida obtenidas por dichos sensores hacia una unidad distante, a modo de ejemplo, un emisor Bluetooth. Este último se coloca en el alojamiento dentro del acoplamiento plantar, en particular en posición ortogonal con respecto a la plantilla.

5 En particular, se proporciona una capa de revestimiento que comprende dicha pluralidad de células dispuestas para acoplarse con dicha base de soporte en donde están dispuestos dichos sensores. Preferentemente, dicha capa de revestimiento puede obtenerse de material elástico. En particular, el material elástico puede seleccionarse a partir del grupo constituido por:

10 - material viscoelástico, en particular caucho silicónico;

- material de plástico;

15 - caucho sintético;

- caucho natural;

- o una de sus combinaciones.

20 De este modo, el material elástico tiene la ventaja de ser blando y ergonómico y de tener un efecto amortiguador. Además, la ventaja ergonómica no es perjudicada por capas externas adicionales, que no necesitan añadirse al sensor, como las plantillas de la técnica anterior, sino por la misma estructura celular de los sensores, que es ergonómica y blanda como tal, así como por la forma de caja de cada célula en combinación con el material elástico utilizado.

25 En una forma de realización preferida, dicha capa de revestimiento de dichas células es una especie de blindaje de color oscuro, en particular, negro, con el fin de evitar que la luz exterior afecte al dispositivo o que la luz tenga fugas hacia el entorno.

30 En conformidad con otro aspecto de la invención, se da a conocer un método para medir una carga que actúa sobre una superficie, que incluye las etapas de:

- predisponer una base de soporte;

35 - predisponer, en una forma distribuida sobre dicha base de soporte, una pluralidad de sensores adaptados para generar señales de medida respectivas cuando se someten a dicha carga que se les aplica, en donde cada sensor comprende una célula deformable con forma de caja, comprendiendo cada una de dichas células:

40 - una pared de soporte que está en posición opuesta, en uso, a dicha base de soporte y dispuesta para recibir dicha carga, y una pluralidad de paredes laterales deformables situadas entre dicha base y dicha pared de soporte que definen un alojamiento;

- al menos un emisor de luz y al menos un detector fotosensible en dicho alojamiento.

45 - y en donde dicha pluralidad de sensores están dispuestos sobre dicha base de soporte de modo que dichas células sean adyacentes entre sí y estén separadas por un espacio de separación predeterminado,

- medir por medio de cada detector fotosensible de cada luz un cambio de la intensidad de luz recogida desde un respectivo emisor de dicha célula debido a la deformación de dicha célula cuando se somete a dicha carga,

50 en donde dicho espacio de separación entre dos células adyacentes es tal que, cuando dicha pared de soporte de cada célula se somete a dicha carga, dichas paredes laterales cambian su forma y se comprimen hacia dicha base de soporte y, mientras se expanden lateralmente, ocupan un espacio de deformación menor que dicho espacio de separación, de modo que las células adyacentes no estén en contacto mutuo,

55 en donde se proporciona una matriz de células, que tiene una estructura de pirámide truncada, de modo que:

- dicha estructura de pirámide truncada sea rígida con respecto a las cargas tangenciales que se aplican sobre dichas paredes laterales, y deformable con respecto a las cargas normales que se aplican sobre dicha pared de soporte,

60 - dicha estructura de pirámide truncada, en combinación con dichos sensores, permite que dichas señales de medida tengan un amplio margen dinámico que es suficientemente grande para transmitirse directamente y analizarse por dicha unidad de control;

en donde cada célula de pirámide truncada tiene una parte escalonada de modo que:

65

- las partes escalonadas de las células, en forma de pirámide truncada, adyacentes son prácticamente adyacentes entre sí;
- un espacio de separación mínimo S_{min} se define en dicha parte escalonada y un espacio de separación máximo S_{max} se define en dicha pared de soporte;

y en donde cada una de dichas células comprende:

- dicho emisor de una fuente de luz;
- dicho detector fotosensible dispuesto en posición opuesta a dicho emisor;
- un elemento de separación situado entre dicho emisor y dicho detector fotosensible y dispuesto para desplazarse desde una configuración de reposo, en donde dicha célula no está sometida a dicha carga y toda la luz emitida por dicho emisor es recogida por dicho detector fotosensible, hacia una configuración portadora, en la que dicho elemento de separación se hace descender proporcionalmente a dicha carga y está situado entre dicho emisor y dicho detector fotosensible que enmascara parcialmente la luz dirigida hacia dicho detector fotosensible, de forma proporcional a dicha carga.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se ilustrará ahora con la descripción siguiente una de sus formas de realización ejemplo, que servirá de ejemplo pero no limitativa, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- La Figura 1 ilustra una vista en perspectiva de una almohadilla sensorizada de conformidad con la invención, que tiene una matriz de células sensorizadas;
- La Figura 2 ilustra una vista en sección transversal esquemática de una célula sensorizada que tiene un emisor de luz y un detector así como un elemento de separación que está adaptado para proteger la luz emitida sensible a la carga que incide sobre la célula;
- La Figura 3 ilustra una vista en sección transversal esquemática de un par de células adyacentes entre sí con forma de tronco, separadas por un espacio de separación, que compara el comportamiento de una célula cuando está sometida a una carga y resalta que la deformación de las paredes laterales no crea efecto de la denominada diafonía biológica con una célula adyacente;
- La Figura 4A ilustra, de forma esquemática, una vista en perspectiva de una almohadilla, o colchón, en donde la estructura de la almohadilla sensorizada ilustrada en las Figuras 1 a 3 se puede poner en práctica;
- La Figura 4B ilustra, de forma esquemática, una vista en perspectiva de una silla en la que la almohadilla sensorizada, de conformidad con la invención, puede instalarse en el asiento y/o el respaldo;
- La Figura 4C ilustra una vista esquemática en perspectiva de una plantilla sensorizada que comprende las células sensorizadas de la Figura 2, incluyendo una base de soporte acoplada a una cubierta de material elástico con una matriz de células deformables dispuestas para definir una superficie de soporte para el pie de un usuario;
- La Figura 5A ilustra, de forma esquemática, la base de soporte de semiconductores que comprende una pluralidad de zonas y que tiene un alojamiento en el arco plantar para la circuitería electrónica;
- La Figura 5B ilustra, de forma esquemática, la base de soporte de semiconductores de la Figura 5, en donde una pluralidad de emisores y de receptores están dispuestos en cada zona y en donde está provista una placa electrónica que controla y suministra energía a los sensores;
- La Figura 6 ilustra una vista en planta superior de una plantilla sensorizada dispuesta en un calzado que ilustra la pluralidad de células sensorizadas adyacentes entre sí que cubren la zona de soporte del pie completo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN

En la Figura 1, se ilustra esquemáticamente una estructura de almohadilla sensorizada 100, que comprende una base de soporte 1 en donde está dispuesta una pluralidad de sensores 10, que está adaptada para generar señales de medida 15 correspondientes cuando los sensores se someten a una carga p que se les aplica (Figura 2).

La estructura de la almohadilla 100 comprende también una unidad de control 30 asociada con la pluralidad de sensores 10 y configurada para analizar y/o transmitir las señales de medida 15 así como una unidad de suministro de energía 40 dispuesta para el suministro de energía a la pluralidad de sensores 10 y la unidad de control 30.

En particular, según se ilustra en la vista ampliada de la Figura 2, cada sensor 10 comprende una célula deformable 20 con forma de caja, y la pluralidad de sensores 10 está dispuesta sobre una base de soporte 1, en particular, constituida por una resina del tipo normalmente utilizado para las placas de circuitos electrónicos, de modo que las células 20 estén adyacentes entre sí y separadas por un espacio de separación predeterminado S (Figura 3). El espacio de separación predeterminado (S) presente entre dos células 20 adyacentes, en particular, para pequeñas cargas, evita que los sensores adyacentes puedan entrar en contacto mutuo. De este modo, se evita el riesgo de que tal circunstancia afecte a las medidas.

Más en particular, cada célula 20 comprende una pared de soporte 22 que está en posición opuesta, en uso, a la base de soporte 1 y está dispuesta para recibir una carga P. Además, la célula comprende una pluralidad de paredes laterales 23 que, junto con la pared de soporte 22 y la base de soporte 1 definen, en uso, una cámara, o espacio, o alojamiento 25, en el que se alojan al menos un emisor de luz 12 y al menos un detector fotosensible 14, estando este último configurado para medir una intensidad de luz cambiante debido a la deformación de cada célula 20 cuando se somete a la carga P.

De este modo, según se ilustra en la Figura 3, cuando la pared de soporte 22 de cada célula 20 está sometida a la carga p, las paredes laterales 23 cambian su forma y son comprimidas hacia la base de soporte 1 mientras al expandirse lateralmente, ocupan un espacio de deformación D menor que los espacios de separación S.

En particular, en la Figura 3, se ilustra una comparación entre una célula 20' sometida a la carga P y una célula 20 que no está sometida a la carga. La forma de las células 20 y 20' es tal que las paredes laterales 23 son objeto de expansión, ilustrada con línea discontinua, con respecto a una configuración de reposo que no ocupa el espacio de separación S, con lo que se evita la deformación de la célula adyacente, y luego, causa un fenómeno denominado "diafonía biológica" que afecta a la medida. De este modo, se asegura una medida más exacta de la presión generada por el pie al andar, o en una posición de pie estática. De hecho, solamente las células 20' sometidas a una carga P generan una señal de medida correspondiente 15, mientras que las células adyacentes no resultan afectadas, puesto que la deformación D de las paredes laterales 23 de cada célula es menor que el espacio de separación S establecido entre las células 20, 20'. Dicho de otro modo, las células no directamente sometidas a la carga P no resultan afectadas para una misma acción de deformación de la célula bajo la carga, y no generan, entonces, una señal de medida correspondiente. Además, las células con forma de caja están dispuestas como un conjunto matricial de amortiguadores elásticos que permite un efecto de amortiguamiento, sin requerir la disposición de capas amortiguadoras por encima de la plantilla.

En particular, cada célula 20 comprende un marco límite 26, de material elástico, que define el alojamiento 25 en el que están dispuestos el emisor 12 y el detector fotosensible 14. El marco límite 26 está adaptado para contener componentes electrónicos, a modo de ejemplo, componentes de adquisición/accondicionamiento.

Más en particular, dicha forma de las células 20 causa, por la presencia de las paredes laterales 23 y de sus espesores, que queden rodeadas las zonas interiores 25 dentro del sensor 10, según se observa en una vista en planta superior, por el marco límite 26 (Figura 2) que no se ocupa por el emisor 12 y por el detector 14. En particular, cada célula 20 comprende una parte "vacía" 25 que representa el alojamiento y una parte "llena" 26 de material elástico, en particular, caucho silicónico, encolado a la base de soporte 1. Las partes macizas 26 forman, si se observa en una vista en planta superior, una denominada 'matriz de marcos'. En esta zona residual puede utilizarse ventajosamente, según se describió con anterioridad, para alojamiento en una forma distribuida, de componentes electrónicos útiles, a modo de ejemplo, para el tratamiento o transmisión de los datos medidos.

Más en particular, según se ilustra en las Figuras 2 y 3, cada célula deformable 20 tiene una estructura de pirámide truncada, en particular, una estructura de pirámide truncada de base cuadrada o rectangular. Dicha forma minimiza la expansión de las paredes laterales 23 y permite la disposición sobre la base de soporte 1 de un gran número de sensores próximos entre sí que mejoran notablemente la resolución de la almohadilla sensorizada. Además, la estructura de pirámide truncada, como tal, es muy rígida a las cargas tangenciales y no tan rígida para las cargas normales. Por lo tanto, la estructura de la suela determina una importante deformación para las cargas normales de interés y una baja deformación para las cargas tangenciales.

La estructura de almohadilla 100 es "en mosaico" por medio de células 20 con estructura de pirámide truncada, cada una de las cuales tiene una parte escalonada 24 que hace posible obtener un espacio de separación mínimo S_{min} en la base de cada cámara 25 definida por cada célula 20 con la base de soporte 1, de modo que la deformación de la célula siguiente 20 solamente ocupa este espacio que no implica a la célula siguiente. De este modo, el espacio de separación predeterminado S entre células adyacentes aumenta con respecto a la altura entre un valor S_{min} y un valor S_{max} , de modo que en la parte escalonada 24 del tronco de pirámide, las células son prácticamente adyacentes entre sí y en la parte superior de la de pirámide truncada 22 las células están sensiblemente distantes entre sí (Figura 3). De este modo, la expansión de las células, en forma de pirámide truncada, se realiza en la zona intermedia del tronco de pirámide, sin que exista, en ningún caso, un contacto importante entre las paredes laterales 23 de las células en forma de pirámide truncada.

En particular, cada célula 20 comprende un emisor de luz 12 y un respectivo detector fotosensible 14 dispuestos en lados opuestos entre sí. Entre ellos se proporciona un elemento de separación 13, obtenido en el marco 26 que está dispuesto

5 para el desplazamiento desde una configuración de reposo, en donde permite que el detector 14 capture toda la radiación de luz emitida por la fuente 12 hacia una configuración portadora (Figura 3), en donde el elemento de separación 13 se hace descender proporcionalmente a la carga P y se sitúa entre la fuente 12 y el detector 14, lo que permite obtener una intensidad de luz cambiante proporcional a la carga P. De este modo, el separador 13 permite que el sensor no resulte afectado prácticamente por la deformación tangencial alineada para el mismo elemento.

10 La combinación entre el sensor óptico que incluye el emisor de luz 12 con el detector fotosensible 14 y la estructura de pirámide truncada de la célula 20 con el elemento de separación 13, permite obtener señales de medida de salida que incluyen ya una excursión de señal/alcance que es suficientemente grande para poderse transmitir y analizar directamente. En particular, la señal de salida tiene un amplio margen dinámico (excursión de señal máxima), y por lo tanto, la electrónica que puede utilizarse para el tratamiento de la señal estará simplificada. De este modo, la electrónica montada en la almohadilla se reduce al mínimo de modo que pueda integrarse completamente en la almohadilla sensorizada.

15 Además, la combinación de la estructura de célula 20 y de los sensores ópticos genera salidas muy amplias y minimiza la sensibilidad del sensor para las condiciones medioambientales (temperatura, humedad, *tiempo de deriva*). De este modo, el sensor no requiere una recalibración después del primer uso. Esto permite obtener adquisiciones en lugares ecológicos (uso doméstico u otro) durante largos períodos sin la ayuda de operadores y máquinas especiales.

20 En particular, la orientación del elemento de separación 13 es coincidente con la dirección hacia la que se dirigen la mayor parte de las fuerzas tangenciales. En el caso de análisis de la forma de andar, está orientada a lo largo de las direcciones de la misma. De este modo, el sensor es prácticamente insensible a las fuerzas tangenciales con respecto a la dirección de la forma de andar, que se desarrollan entre el pie y la suela.

25 Como alternativa, cada célula comprende, dentro de un alojamiento 25, N emisores 12 y M receptores 14 provistos con K elementos de separación 13. En este caso, es posible determinar, en la forma más exacta, la fuerza normal también en la presencia de fuerzas tangenciales y para determinar también dichas fuerza tangenciales.

30 La almohadilla sensorizada 100 según se describió con anterioridad, e ilustrada en las Figuras 1 a 3, puede utilizarse en una diversidad de tipos de aplicaciones con la misma finalidad de medir las presiones, en particular las presiones distribuidas que se le aplican.

35 A modo de ejemplo, la almohadilla sensorizada 100 puede integrarse en una almohadilla, o colchón 300, en donde un usuario puede tenderse (véase Figura 4A). En particular, una primera almohadilla sensorizada 100a en el respaldo 300a y una segunda almohadilla 100b puede proporcionarse en el sofá 300b.

40 En otra forma de realización ejemplo e ilustrada esquemáticamente en la Figura 4B, la almohadilla sensorizada 100 puede colocarse en el respaldo 300'a y/o en el asiento 300'b de una silla 300' o de un sillón. En condiciones normales, la almohadilla 100 puede integrarse, o implantarse, en otros dispositivos o productos, no ilustrados en las figuras, para los que ha de medirse una presión, en particular, una presión distribuida.

45 En una forma de realización ejemplo particular representada en la Figura 4C, la almohadilla sensorizada es una suela sensorizada 100' configurada para montarse en un calzado 150 (Figura 6) para controlar las presiones desarrolladas por el pie de un usuario.

50 Desde un punto de vista estructural, la plantilla sensorizada 100' comprende la base de soporte de semiconductores 1, según se ilustra en la Figura 5, a modo de ejemplo, obtenida por moldeo, que comprende una pluralidad de zonas 10' en donde los respectivos emisores 12 y receptores 14 (Figura 5A) están dispuestos que se acoplan a una capa de revestimiento 1a en donde una pluralidad de células 20a están impresas. Cada célula 20 define, entonces, una envolvente elástica estructurada, en forma de campana, que está montada en la base de soporte 1. En este caso, entonces, según se ilustra en la Figura 6, el emisor 12 y el detector 14 están conectados directamente a la base de soporte 1.

55 Como alternativa, cada célula 20 comprende una parte inferior cerrada y forma un receptáculo cerrado en donde el emisor 12 y el detector 14 están presentes. Incluso en este caso, cada célula 20 está entonces dispuesta sobre la base de soporte 1, con el fin de formar una superficie de soporte en forma de mosaico.

60 Además, la base de soporte 1 y la capa de revestimiento 1a comprenden un alojamiento 110 en el arco plantar para controlar la unidad 30 y una unidad de suministro de energía 40 (Figura 5). El alojamiento puede utilizarse para la disposición de medios transeptores 50 que pueden transmitir los datos hacia una unidad distante, a modo de ejemplo, un emisor Bluetooth, asociado con la unidad de control 30. De este modo, el alojamiento 110 obtenido en el arco plantar tiene la ventaja de utilizar una zona que no está sujeta a las presiones plantares (en sujetos sanos). En esta zona, es posible integrar toda la circuitería electrónica para la adquisición de datos y tratamiento de la señal, con el fin de obtener una plantilla con circuitería electrónica en placas. El elemento de transmisión 50 está situado, ventajosamente, en posición ortogonal con respecto a la plantilla (Figura 5A), con el fin de utilizar el volumen libre bajo la parte interior del arco plantar.

5 En particular, la capa de revestimiento 1a está constituida por un material elástico. En particular, el material elástico puede seleccionarse de entre el grupo constituido por: materiales viscoelásticos, en particular, caucho silicónico, materiales plásticos, caucho sintético, caucho natural o una de sus combinaciones. De este modo, el material elástico tiene la ventaja de ser blando y ergonómico y de tener un efecto amortiguador. Además, la ventaja ergonómica no se dificulta por capas externas adicionales, que no necesitan añadirse al sensor, tal como en las plantillas de la técnica anterior y se deriva de la misma estructura celular de los sensores, que es ergonómica y blanda como tal así como de la forma de caja de cada célula en combinación con el material elástico utilizado.

10 La capa de revestimiento 1a es una protección de color oscuro, en particular negro, dispuesta para evitar que la luz exterior afecte al detector fotosensible 14 o que la luz emitida por la fuente 12 tenga fugas hacia el entorno.

15 La Figura 6 ilustra, además, un revestimiento rígido 36 situado por encima del alojamiento 110 que está dispuesto para cubrir los controles electrónicos 30 y los medios de transceptores 50.

A partir de la descripción anterior de varias formas de realización específicas, otros, aplicando el conocimiento actual, serán capaces de modificar y/o adaptar, en varias aplicaciones, dichas formas de realización específicas sin necesidad de esfuerzos creativos y sin desviarse del alcance de la invención según se define en las reivindicaciones adjuntas.

20

25

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de almohadilla sensorizada (100) que comprende:

- 5 - una base de soporte (1);
- una pluralidad de sensores (10) distribuidos en dicha base de soporte (1) adaptados para generar señales de medida respectivas (15) cuando están sometidas a una carga (P) aplicada sobre dicha estructura de almohadilla sensorizada (100);
- 10 - una unidad de control (30) asociada con dicha pluralidad de sensores (10) configurada para analizar y/o transmitir dichas señales de medida (15) a una unidad distante;
- 15 - una unidad de suministro de energía (40) dispuesta para suministrar energía a dicha pluralidad de sensores (10) y dicha unidad de control (30); en donde cada sensor (10) comprende una célula (20) con forma de caja deformable, y en donde dicha pluralidad de sensores (10) está dispuesta en dicha base de soporte (1) de modo que dichas células sean adyacentes entre sí,

comprendiendo cada una de dichas células (20):

- 20 - una pared de soporte (22), opuesta, en uso, a dicha base de soporte (1), estando dicha pared de soporte (22) dispuesta para recibir dicha carga (P);
- 25 - una pluralidad de paredes laterales deformables (23), con dicha pluralidad de paredes laterales (23) y dicha pared de soporte (22), en uso, definiendo con dicha base de soporte (1) un alojamiento (25);
- al menos un emisor (12) de una fuente de luz y al menos un detector fotosensible (14) en dicho alojamiento (25), estando dicho detector fotosensible (14) configurado para medir una intensidad de luz cambiante recogida desde dicho emisor (12) debido a la deformación de cada célula (20) cuando está sometida a dicha carga (P);

30 en donde dichas células (20) están separadas entre sí por un espacio de separación predeterminado (s) de tal manera que, cuando dicha pared de soporte (22) de cada célula (20) está sometida a dicha carga (P), dichas paredes laterales (23) cambian su forma y se comprimen hacia dicha base de soporte (1) y mientras se expanden lateralmente, ocupan un espacio de deformación (D) menor que dicho espacio de separación (S), de modo que las paredes adyacentes no entren en contacto mutuo;

35 en donde dichas células (20) tiene una estructura de pirámide truncada y definen una matriz de células, de tal manera que:

- 40 - dicha estructura de pirámide truncada sea rígida con respecto a las cargas tangenciales que se aplican sobre dichas paredes laterales (23) y deformable con respecto a las cargas normales que se aplican sobre dicha pared de soporte (22);
- 45 - dicha estructura de pirámide truncada, en combinación con dichos sensores (10) permite que dichas señales de medida (15) tengan un amplio margen dinámico que sea suficientemente alto para que se transmitan directamente y se analicen por dicha unidad de control (30);

en donde cada célula de pirámide truncada (20) tiene una parte escalonada (24), en donde:

- 50 - las partes escalonadas (24) de las células, en forma de pirámide truncada, adyacentes (20) son prácticamente adyacentes entre sí,
- un espacio de separación mínimo (Smin) se define en dicha parte escalonada (24) y un espacio de separación máximo (Smax) se define en dicha pared de soporte (22);

55 y en donde cada una de dichas células (20) comprende:

- dicho emisor (12) de una fuente de luz;
- 60 - con dicho detector fotosensible (14) dispuesto en posición opuesta con dicho emisión (12);
- un elemento de separación (13) situado entre dicho emisor (12) y dicho detector fotosensible (14) y dispuesto para desplazarse desde una configuración de reposo (A), en donde dicha célula (20) no está sometida a dicha carga (P) y la totalidad de la luz emitida por dicho emisor (12) se recoge por dicho detector fotosensible (14), hacia una configuración portadora (B), en donde dicho elemento de separación (13) se hace descender proporcionalmente a

65

dicha carga (P) y está situado entre dicho emisor (12) y dicho detector fotosensible (14) enmascarando parcialmente la luz dirigida hacia dicho detector fotosensible (14), proporcionalmente a dicha carga (P).

- 5 **2.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100), según la reivindicación 1, en donde cada célula (20) comprende un marco límite (26) de material elástico para definir dicho alojamiento (25), en donde dicho emisor (12) y dicho detector fotosensible (14) están situados, con dicho marco límite (26) dispuesto para contener componentes electrónicos, a modo de ejemplo, componentes para adquisición y tratamiento de dichas señales de medida (15).
- 10 **3.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100) según la reivindicación 1, en donde dichas células (20) tienen una estructura de pirámide truncada de base cuadrada o de base rectangular.
- 4.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100) según la reivindicación 1, adaptada para el análisis de la forma de andar, en donde dicho elemento de separación (13) está orientado a lo largo de la dirección de la forma de andar.
- 15 **5.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100), según la reivindicación 1, en donde cada célula (20) comprende, en dicho alojamiento (25) N emisores (12) y M receptores (14) provistos de K elementos de separación (13).
- 20 **6.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100) según la reivindicación 1, en donde dicha almohadilla sensorizada (100) es una plantilla sensorizada (100') configurada para mantenerse en un calzado (150) para supervisar las presiones desarrolladas por el pie de un usuario.
- 25 **7.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100), según la reivindicación 6, en donde dicha plantilla sensorizada (100') comprende un alojamiento (110) en el arco plantar para dicha unidad de control (30) y dicha unidad de suministro de energía (40).
- 8.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100), según la reivindicación 7, en donde dicha unidad de control (30) comprende medios transceptores (50) para transmitir las señales de medida (15) objeto de medida por dichos sensores (10) hacia una unidad distante, en particular un emisor Bluetooth establecido en dicho alojamiento (110) del arco plantar.
- 30 **9.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100) según la reivindicación 8, en donde dicho emisor Bluetooth se establece en dicho alojamiento (110) del arco plantar en una posición ortogonal con respecto a dicha plantilla (100').
- 35 **10.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100) según la reivindicación 1, en donde está provista una capa de revestimiento (1a) que comprende dicha pluralidad de células (20) integradas entre sí, estando dicha capa de revestimiento (1a) dispuesta para acoplarse con dicha base de soporte (1), en donde están dispuestos dichos sensores (10), con dicha capa de revestimiento (1a) estando constituida, preferentemente, por un material elástico.
- 40 **11.** Una estructura de almohadilla sensorizada (100), según la reivindicación 10, en donde dicho material elástico se selecciona de entre el grupo constituido por:
- material viscoelástico, en particular, caucho silicónico;
 - un material plástico;

45 - un caucho sintético;

 - un caucho natural, o una de sus combinaciones.
- 50 **12.** Un método para medir una carga (P) que se aplica sobre una superficie, comprende las etapas de:
- predisponer una base de soporte (1);
 - predisponer en una forma distribuida sobre dicha base de soporte (1) una pluralidad de sensores (10) adaptados para generar señales de medida respectivas (15) cuando se someten a dicha carga (P) aplicada sobre dichos sensores (10), en donde cada sensor (10) comprende una célula deformable (20) con forma de caja, con cada una de dichas células (20) comprendiendo:

55 - una pared de soporte (22) que es opuesta, en uso, a dicha base de soporte (1) y dispuesta para recibir dicha carga (P);

 - una pluralidad de paredes laterales deformables (23) dispuestas, en uso, entre dicha base de soporte (1) y dicha pared de soporte (22) para definir, con dicha base de soporte (1), un alojamiento (25);

60 - al menos un emisor (12) de una fuente de luz y al menos un detector fotosensible (14) en dicha alojamiento (25),

65

- y en donde dicha pluralidad de sensores (10) está dispuesta sobre dicha base de soporte (1) de modo que dichas células (20) sean adyacentes entre sí y estén separadas por un espacio de separación predeterminado (S),
- 5 - medir por medio de cada detector fotosensible (14) de cada célula (20) un cambio de intensidad de luz recogida desde un emisor respectivo (12) de dicha célula (20) debido a la deformación de dicha célula (20) cuando se somete a dicha carga (P),
- 10 - en donde dicho espacio de separación (S) entre dos células adyacentes (20) es tal que, cuando dicha pared de soporte (22) de cada célula (20) se somete a dicha carga (P), dichas paredes laterales (23) cambian su forma y son comprimidas hacia dicha base de soporte (1) y mientras se expanden lateralmente, ocupan un espacio de deformación (D) menor que dicho espacio de separación (S), de modo que las células adyacentes no entren en contacto mutuo;

en donde se proporciona una matriz de células (20) que tiene una estructura de pirámide truncada de tal manera que:

- 15 - dicha estructura de pirámide truncada sea rígida con respecto a las cargas tangenciales que se aplican sobre dichas paredes laterales (23), y deformable con respecto a las cargas normales que se aplican sobre dicha pared de soporte (22);
- 20 - dicha estructura de pirámide truncada en combinación con dichos sensores (10) permite que dichas señales de medida (15) tengan un amplio margen dinámico que sea suficientemente alto para que se transmitan directamente y se analicen por dicha unidad de control (20);

en donde cada célula, en forma de pirámide truncada (20) tiene una parte escalonada (24), en donde:

- 25 - las partes escalonadas (24) de las células en forma de pirámide truncada (20) adyacentes son prácticamente adyacentes entre sí;
- 30 - un espacio de separación mínimo (S_{min}) se define en dicha parte escalonada (24), y un espacio de separación máximo (S_{max}) se define en dicha pared de soporte (22);

y en donde cada una de dichas células (20) comprende:

- 35 - dicho emisor (12) de una fuente de luz;
- estando dicho detector fotosensible (14) dispuesto en posición opuesta a dicho emisor (12);
- 40 - un elemento de separación (13) situado entre dicho emisor (12) y dicho detector fotosensible (14) y dispuesto para desplazarse desde una configuración de reposo (A), en la que dicha célula (20) no está sometida a dicha carga (P) y la totalidad de la luz emitida por dicho emisor (12) se recoge por dicho detector fotosensible (14), hacia una configuración portadora (B), en donde dicho elemento de separación (13) se hace descender proporcionalmente a dicha carga (P) y está situado entre dicho emisor (12) y dicho detector fotosensible (14) enmascarando parcialmente la luz dirigida hacia dicho detector fotosensible (14), proporcionalmente a dicha carga (P).

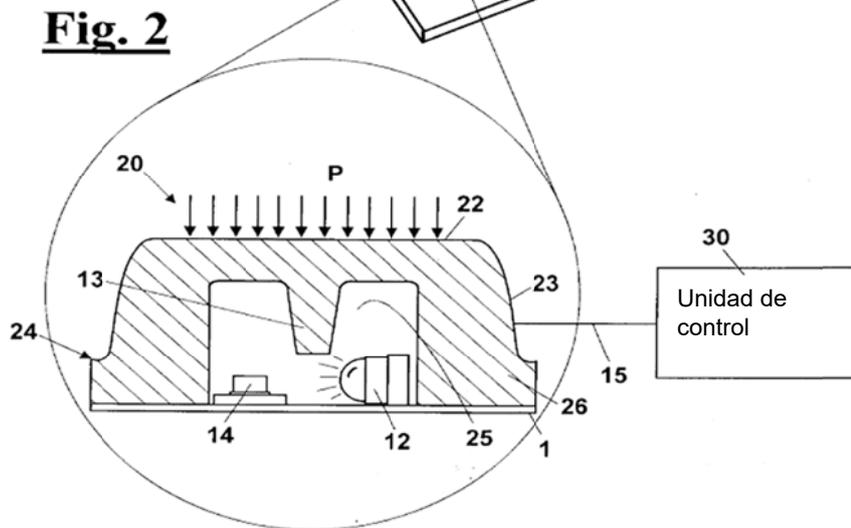
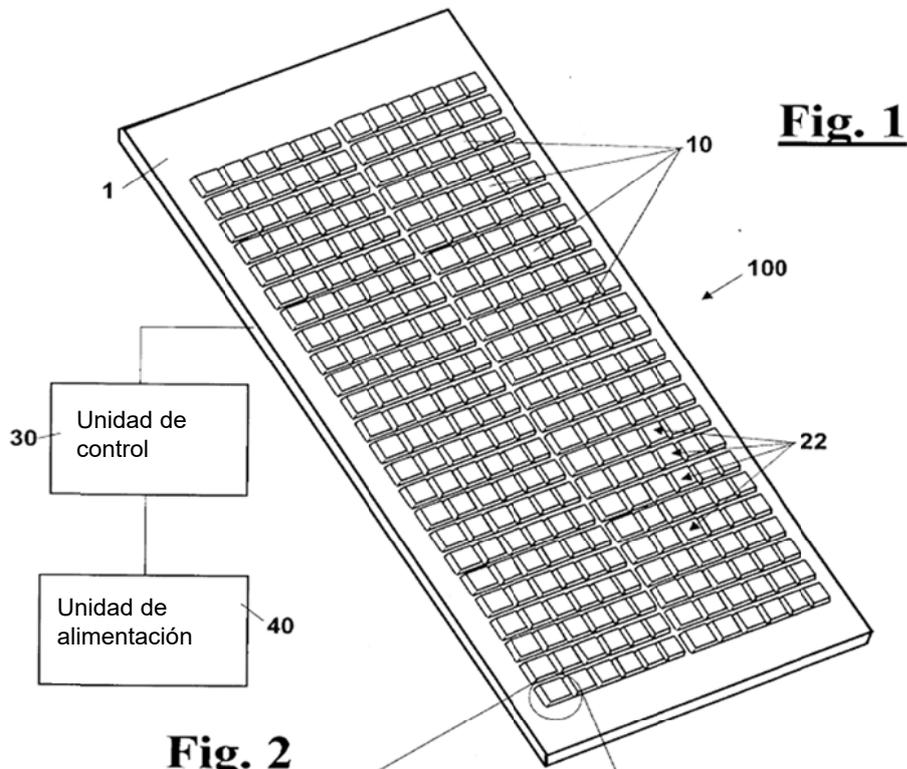
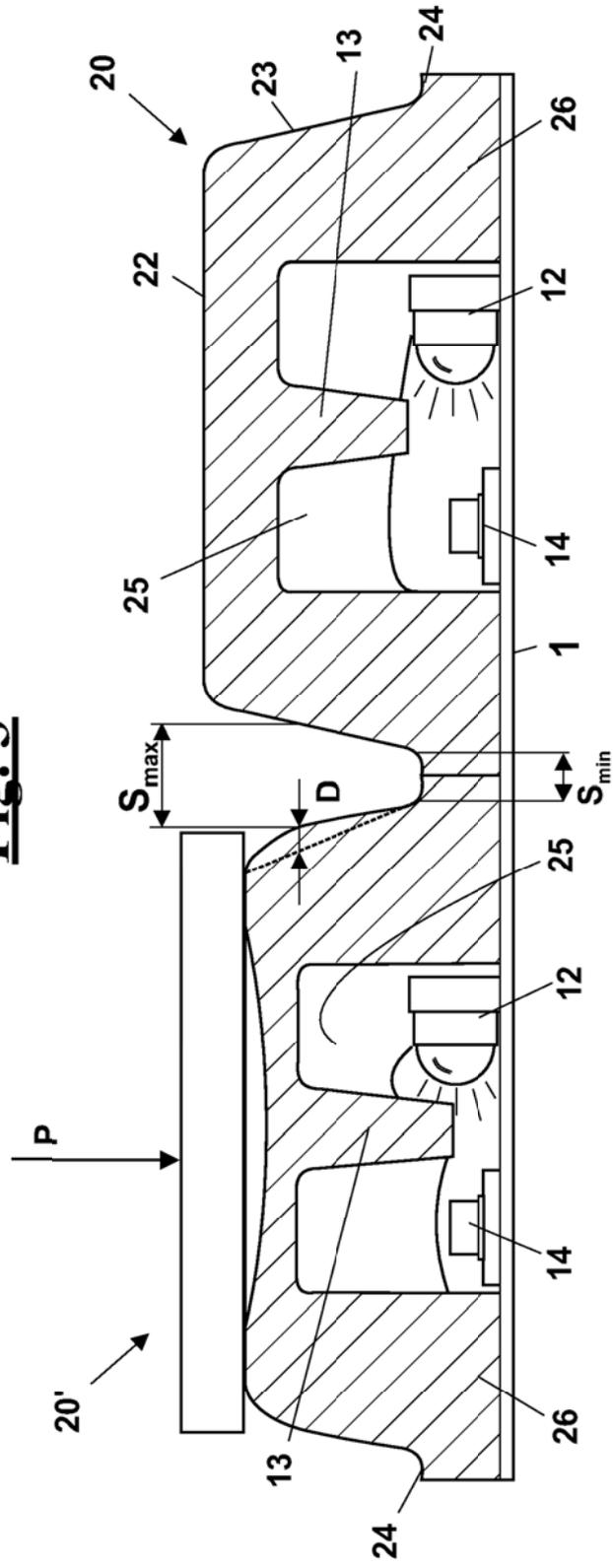


Fig. 3



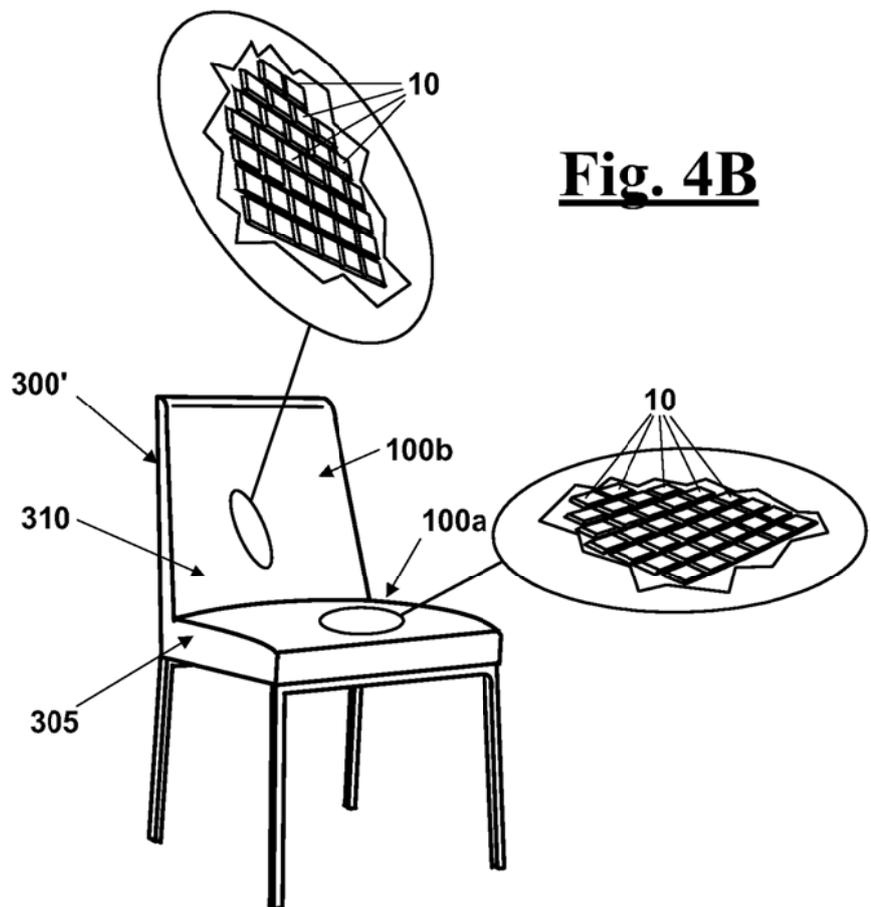
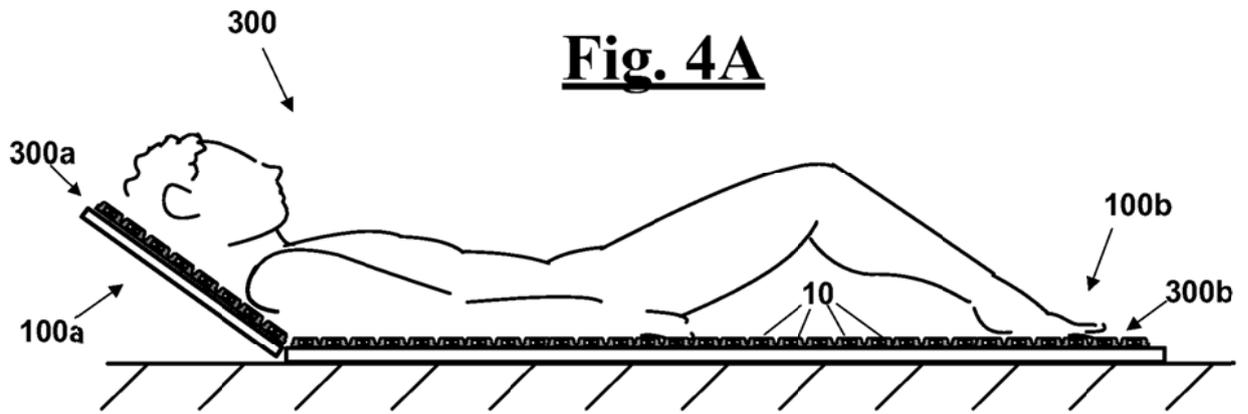


Fig. 4C

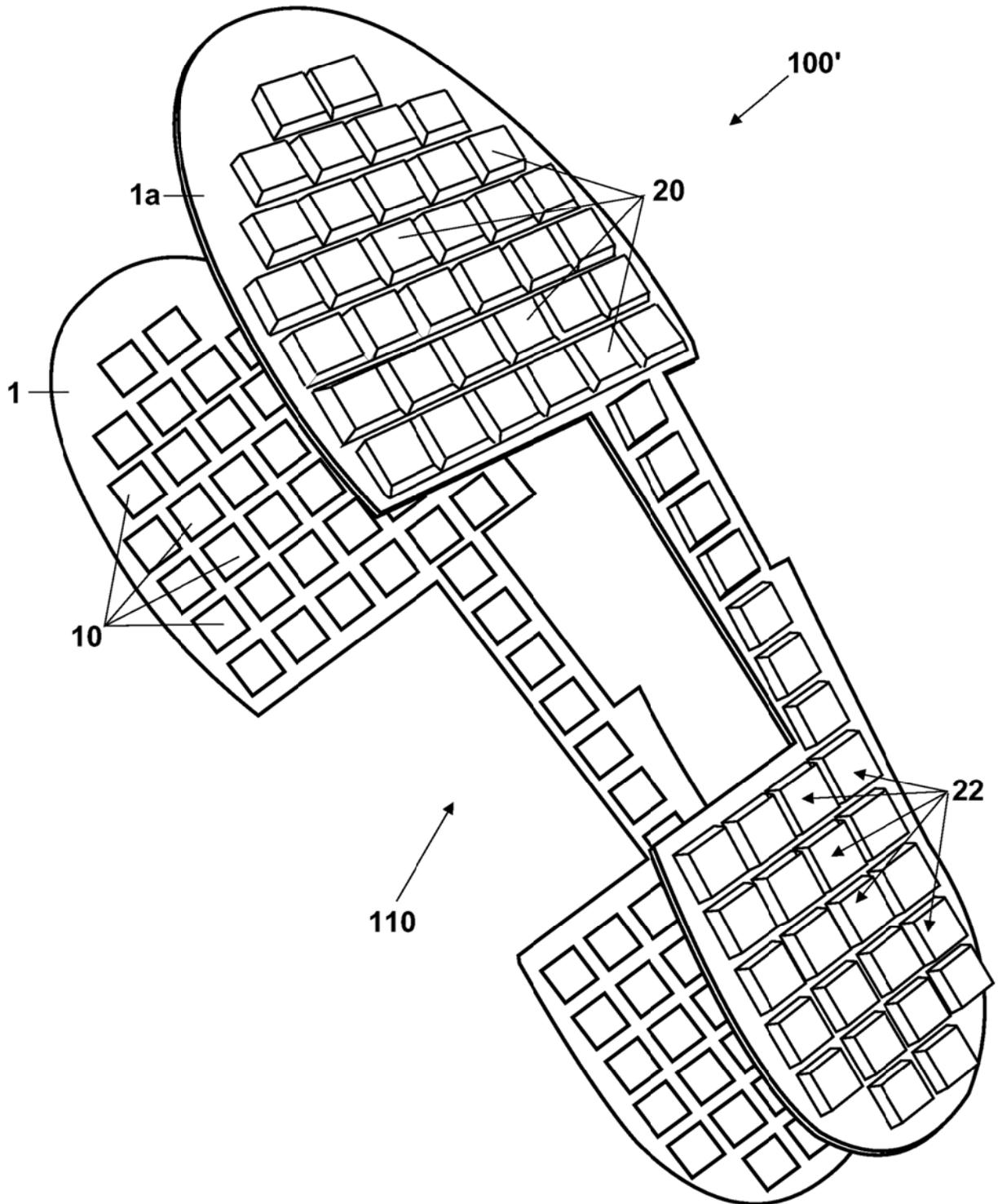


Fig. 5A

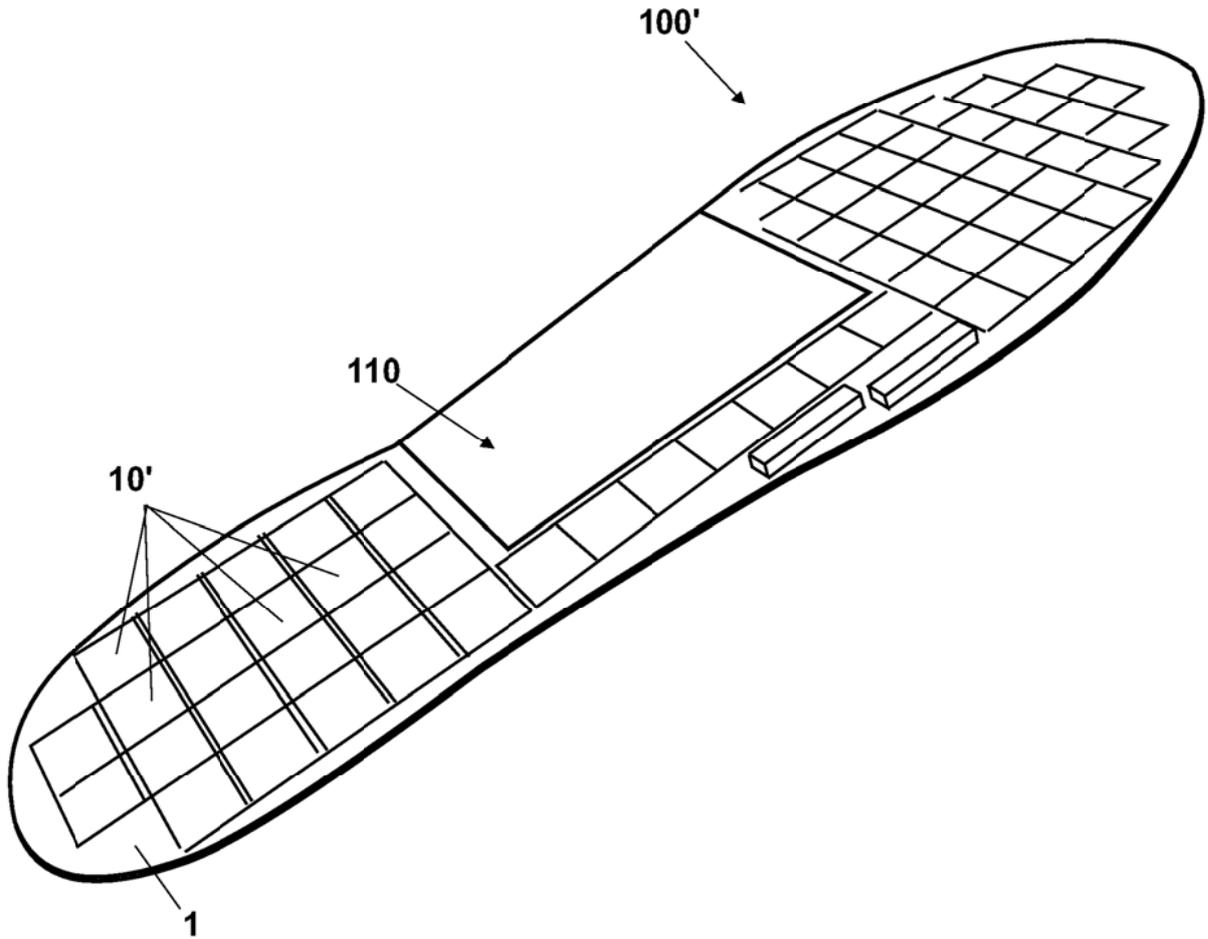


Fig. 5B

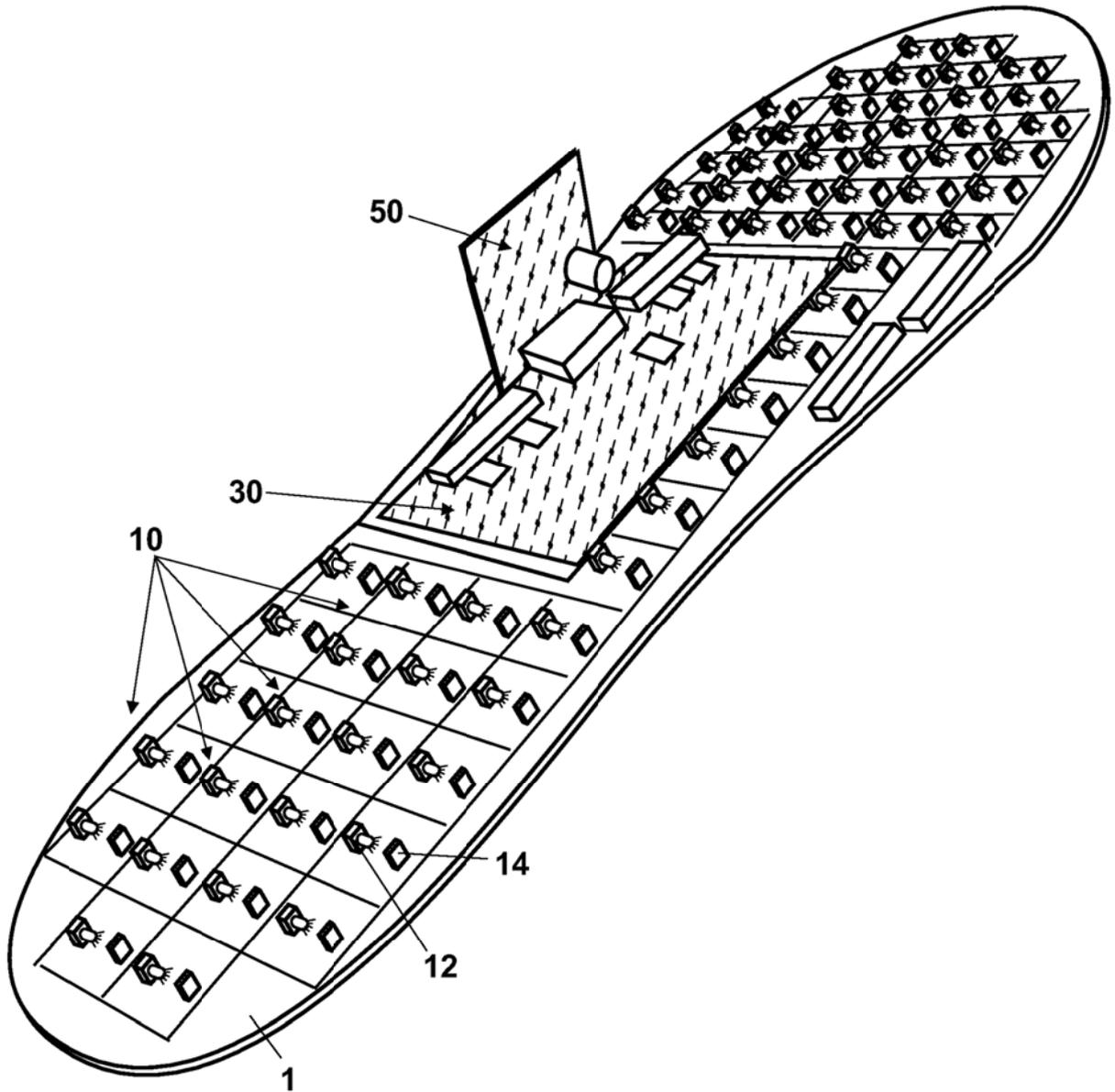


Fig. 6

