

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 749**

51 Int. Cl.:

G01L 1/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.06.2017 PCT/FI2017/050462**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.01.2018 WO18011464**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.06.2017 E 17737308 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 3482180**

54 Título: **Un sensor de fuerza y / o de presión**

30 Prioridad:

11.07.2016 FI 20165581

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

28.07.2020

73 Titular/es:

**FORCIOT OY (100.0%)
Hermiankatu 12 E
33720 Tampere, FI**

72 Inventor/es:

**JÄRVINEN, PETRI;
TURUNEN, MIKKO;
HEITOKANGAS, JARMO;
VANHALA, JUKKA y
ISO-KETOLA, PEKKA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 775 749 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

Un sensor de fuerza y / o de presión

Campo técnico

5 La invención se refiere a sensores de fuerza. La invención se refiere a sensores de presión. La invención se refiere a sensores capacitivos de fuerza y / o de presión. La invención se refiere a sensores capacitivos de fuerza y / o de presión llevable.

Antecedentes

10 El interés por el bienestar ha aumentado. Esto implica bienestar personal así como atención médica. Esto ha resultado en muchos dispositivos de monitorización personal y médica, tales como sensores. Tales sensores pueden estar integrados en la ropa, tal como guantes, mitones, calzado, cascos, etc. En cuanto a los sensores de fuerza o de presión para prendas, pueden ser, por ejemplo piezoresistentes, piezoeléctricos o capacitivos. Un sensor de fuerza / presión capacitivo típicamente incluye solo materiales fácilmente disponibles.

15 En los sensores capacitivos se mide la capacitancia de un electrodo. La capacitancia se puede medir en relación con el entorno o con respecto a otro electrodo, tal como un electrodo de tierra. En general, hay dos principios de funcionamiento: (1) el material dieléctrico próximo al electrodo (por ejemplo, entre dos electrodos) cambia, lo que cambia la capacitancia; y / o (2) la distancia entre dos electrodos cambia, lo que cambia la capacitancia entre estos electrodos. Estos principios son conocidos por una persona experta.

20 Por ejemplo, la solicitud de patente DE102009055121 describe un sensor de fuerza que tiene múltiples conductores y una capa elástica no conductora entre los mismos. Al aplicar una fuerza, la capa elástica no conductora se deforma, lo que resulta en un cambio de capacitancia entre los conductores (es decir, los electrodos).

Además, la solicitud EP2154503 describe un sensor capacitivo que tiene una capa dieléctrica hecha de un elastómero. El sensor está provisto de electrodos que contienen un elastómero.

25 En tales sensores hay varios problemas interrelacionados. Por ejemplo, el área de los electrodos debe ser razonablemente grande para medir la fuerza con precisión. Además, la medición de la capacitancia de un electrodo no debería afectar el resultado de la medición de la capacitancia de otro electrodo. Además, sería beneficioso que se pudiesen medir múltiples capacitancias en paralelo, es decir, simultáneamente o sustancialmente simultáneamente. Por ejemplo, cuando se monitoriza el rendimiento de un puente alto, se debe poder medir la distribución de presión bajo el pie en función del tiempo con una tasa de muestreo razonablemente alta. Además, la resolución espacial debe ser razonablemente alta, por lo que el número de electrodos debe ser razonablemente alto. Aún más, el sensor debe ser cómodo de usar y mecánicamente fiable.

30

Resumen

35 Se describe un sensor de fuerza y / o de presión que presenta un buen equilibrio entre los aspectos que se han mencionado más arriba. El sensor de fuerza y / o de presión comprende una capa o capas que es / son estirable (s) y elástica (s). El sensor comprende además electrodos estirables unidos a esta capa o a una de estas capas. La capacitancia de estiramiento mejora la comodidad del sensor de fuerza. Sin embargo, se ha hecho patente que el cableado de los electrodos plantea problemas. En una capa estirable, el cableado estirable tendría que ser razonablemente ancho, debido a los materiales estirables que se pueden utilizar para tales fines. Esto plantea problemas, puesto que un cableado ancho disminuye el tamaño de los electrodos, por lo que solo se puede medir una presión local en lugar de una fuerza total. Para resolver este problema, el cableado de los electrodos está dispuesto en una lámina flexible. A diferencia de los electrodos, el cableado en la lámina no necesita ser estirable. Por lo tanto, el cableado puede hacerse significativamente más estrecho y, en consecuencia, los electrodos más grandes. Más específicamente, la invención se describe en la reivindicación 1.

40

45 Además, cuando el cableado está dispuesto para extenderse principalmente en áreas entre los electrodos, la medición de una capacitancia no perturba la medición de otra capacitancia. Esta y otras realizaciones se describen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1a muestra en una vista lateral una realización de un sensor de fuerza y / o de presión,
 la figura 1b muestra en una vista inferior la sección Ib - Ib del sensor de fuerza y / o de presión de la figura 1a,
 la figura 1c muestra en una vista superior la sección Ic - Ic del sensor de fuerza y / o de presión de la figura 1a,
 50 la figura 1d muestra en una vista inferior las capas del sensor de fuerza y / o de presión de la figura 1a,

- la figura 1e muestra en una vista lateral una realización de un sensor de fuerza y / o de presión que tiene los electrodos estirables unidos a una capa elástica y estirable 050,
- la figura 2 muestra en una vista inferior una capa estirable y electrodos estirables dispuestos sobre la misma,
- la figura 3a muestra en una vista inferior una capa estirable y electrodos estirables dispuestos sobre la misma,
- 5 la figura 3b muestra en una vista superior una lámina flexible para ser utilizada con la capa estirable y los electrodos estirables de la figura 3a,
- la figura 3c muestra en una vista superior la lámina flexible de la figura 3b y el cableado dispuesto sobre la lámina flexible,
- 10 la figura 3d muestra en una vista superior otra lámina flexible que se puede usar con la capa estirable y los electrodos estirables de la figura 3a,
- la figura 4a muestra en una vista inferior una capa estirable y electrodos impresos estirables dispuestos sobre la misma,
- la figura 4b muestra en una vista inferior una capa estirable y electrodos textiles estirables dispuestos sobre la misma,
- 15 la figura 4c muestra en una vista inferior capas de un sensor de fuerza y / o de presión que tiene la capa estirable y los electrodos textiles estirables de la figura 4b,
- la figura 5a muestra en una vista lateral una realización de un sensor de fuerza y / o de presión que tiene una capa eléctricamente conductora,
- 20 la figura 5b muestra en una vista lateral una realización de un sensor de fuerza y / o de presión que tiene dos capas conductoras de electricidad,
- la figura 6a muestra en una vista inferior una capa estirable y electrodos estirables dispuestos sobre la misma, estando configurada la capa estirable para una plantilla de calzado,
- la figura 6b muestra en una vista superior una lámina flexible para usar con la capa estirable y los electrodos estirables de la figura 6a,
- 25 la figura 6c muestra en una vista inferior una capa estirable y electrodos estirables dispuestos sobre la misma, estando configurada la capa estirable para una plantilla de calzado,
- la figura 6d muestra en una vista superior una lámina flexible para ser utilizada con la capa estirable y los electrodos estirables de la figura 6c,
- 30 las figuras 7a - 7c muestran en una vista superior una capa elástica deformable de un sensor de fuerza y / o de presión,
- las figuras 7d - 7f muestran en una vista lateral una capa elástica deformable de un sensor de fuerza y / o de presión, y
- las figuras 8a - 8c muestran en una vista lateral realizaciones de un sensor de fuerza o de presión que tiene una capa de soporte termoplástico.

35 **Descripción detallada**

La invención se refiere a un sensor 900 que es adecuado para su uso como sensor de presión y / o de fuerza. Un sensor de fuerza o de presión de acuerdo con las realizaciones de la invención es relativamente delgado. Es decir, el grosor es menos que el menor de entre el largo y el ancho. La forma del sensor puede ser plana. Además, el sensor es conformable, por lo que, en uso, su forma puede ser diferente de la forma que tiene cuando se almacena.

40 Por ejemplo, un sensor puede almacenarse en forma plana, y cuando se incorpora en, por ejemplo, un mitón, la forma se puede conformar a la forma del mitón. Las realizaciones se presentan en forma plana; sin embargo, se entiende que el sensor se puede conectar a un objeto curvado arbitrariamente.

Las figuras 1a y 1e muestran realizaciones de un sensor de fuerza y / o de presión 900 en una vista lateral. En las figuras, la dirección Sz se refiere al grosor en la dirección del sensor de fuerza y / o de presión 900. Otras direcciones Sx y Sy son perpendiculares a Sz y una a la otra. En la presente memoria descriptiva y en lo que sigue, el sensor de fuerza y / o de presión 900 se denomina sensor de fuerza 900, incluso en algunas realizaciones del sensor que son adecuadas para medir una presión y de esta manera al menos parte de una fuerza. Este tema se aclarará más adelante.

45

Con referencia a la figura 1e, una realización comprende una capa elástica y estirable 050. Con referencia a la figura 1a, la capa elástica y estirable 050 puede comprender una capa elástica 100 y una capa estirable 200. La capa estirable 200 también es elástica al menos en cierto punto.

5 El sensor de fuerza 900 de la figura 1a comprende una capa deformable elástica 100 (o 100a en la figura 5b). En uso, esta capa se deforma y, como resultado, la capacitancia de un electrodo 300 varía. Para asegurar deformaciones razonables en uso, la capa deformable elástica 100 (es decir, el material de la capa deformable elástica 100) tiene un tercer módulo de Young Y_{100} . Por ejemplo, el material de la capa 100 puede ser seleccionado de modo que la capa 100 se comprima, en uso típico, aproximadamente del 1 al 15%; tal como hasta el 30%. Naturalmente, la compresión depende de la presión, que no necesita ser espacial o temporalmente uniforme. Las presiones típicas
10 pueden ser del orden de 2 kPa a 1000 kPa, por ejemplo una persona que está alzada sobre un pie o pies, posiblemente también empezando a andar, puede inducir tal presión. Así, el tercer módulo de Young Y_{100} puede ser por ejemplo, como máximo 15 MPa o como máximo 5 MPa. Además, el tercer módulo de Young Y_{100} puede ser por ejemplo, al menos 0,05 MPa o al menos 0,2 MPa. Una tensión grande (resultante de un módulo de Young pequeño) podría hacer que el material de la capa deformable elástica 100 se deslizase durante el uso. Esto podría deteriorar las mediciones a largo plazo. Además, una pequeña tensión (resultante de un gran módulo de Young) es difícil de medir.

20 El grosor t_{100} de la capa deformable elástica 100 no es crítico. Un esfuerzo impone una tensión (es decir, una deformación proporcional) a la capa 100, y la tensión afecta el cambio de capacitancia de los electrodos. En algunas aplicaciones, tales como en una plantilla de calzado, el grosor de la capa deformable elástica 100 puede ser por ejemplo, de 1 mm a 5 mm, para tener un sensor cómodo que se ajuste al calzado normal.

En una realización, la capa deformable elástica 100 comprende al menos un material de entre poliuretano, polietileno, poli (etileno - acetato de vinilo), cloruro de polivinilo, poliborodimetilsiloxano, poliestireno, acrilonitrilo - butadieno - estireno, estireno - butadienoestireno, caucho de etileno - propileno, neopreno, corcho, látex, caucho natural, silicona y gel elastomérico termoplástico.

25 Algunos de estos materiales se venden comercialmente con los nombres comerciales Plastazote®, Evazote®, Zotek®, Poron®, Pe - Lite® (medio), Spenco® y Sorbothane®.

30 El sensor de fuerza comprende una capa estirable 200. La capa 200 es estirable con el fin de que se adapte, en uso, a la forma del objeto que comprende el sensor. Por ejemplo, en caso de que un guante o una plantilla de calzado comprenda el sensor, la capa estirable 200, en uso, puede estirarse para conformarse con la forma dinámica del guante o la plantilla de calzado. De esta manera, la capacitancia de estiramiento mejora la comodidad del sensor. Sin embargo, para un estiramiento razonablemente fácil, la capa estirable 200 (es decir, el material de la capa estirable) tiene un primer módulo de Young Y_{200} relativamente pequeño. En una realización, el primer módulo de Young Y_{200} es más pequeño que el módulo de Young Y_{500} de una lámina flexible 500. Sin embargo, con el fin de que las deformaciones dentro del sensor se concentren principalmente en la capa deformable elástica 100, en una realización, el tercer módulo de Young Y_{100} es más pequeño que el primer módulo de Young Y_{200} . Esto mejora la precisión de la medición, ya que las posiciones de las compresiones son mejor controladas.

35 En lo que se refiere a la capacitancia de estiramiento, la capa estirable 200 (es decir, el material de la capa estirable 200) tiene una primera tensión elástica $\epsilon_{y,200}$ razonablemente grande. En una realización, la primera deformación elástica $\epsilon_{y,200}$ es al menos el 10 por ciento. Se ha encontrado que este valor es suficientemente alto para un sensor de fuerza cómodo en muchas aplicaciones. Se ha encontrado que este valor es suficientemente alto también desde el punto de vista de la fiabilidad mecánica de la capa estirable 200, ya que las deformaciones típicas son menores que este valor. En la alternativa, la primera deformación elástica $\epsilon_{y,200}$ puede ser al menos el 20 por ciento o al menos el 30 por ciento. Además, la capa estirable 200 (es decir, el material de la capa estirable) es eléctricamente aislante. A lo largo de esta descripción, un material eléctricamente aislante se refiere a un material cuya resistividad
45 (es decir, resistencia eléctrica específica) es superior a 100 Ωm a una temperatura de 20°C.

La capa estirable 200 puede estar hecha de película de polímero adecuada. La capa estirable 200 puede estar hecha de tejido adecuada. En una realización, la capa estirable 200 comprende una película de polímero, tal como una película de poliuretano termoplástico (TPU). El TPU puede comprender TPU a base de poliéster y / o TPU a base de poliéster. En una realización, la capa estirable comprende tejido, por ejemplo poliamida (tal como nilón) o poliéster. La capa estirable 200 puede comprender tejido y una película.

50 El sensor de fuerza comprende al menos un primer electrodo estirable 301 y un segundo electrodo estirable 302 unido a la capa estirable 200; o a la capa elástica y estirable 050. Los electrodos estirables individuales están designados por las referencias 301, 302, 303,...; mientras que los electrodos estirables en general están designados por la referencia 300. Los electrodos estirables 300 están hechos de un material eléctricamente conductor. A lo largo de esta memoria descriptiva, un material eléctricamente conductor se refiere a un material cuya resistividad (es decir, resistencia eléctrica específica) es inferior a 1 Ωm a una temperatura de 20°C. Para aislar eléctricamente los electrodos estirables 300 unos de los otros, el primer electrodo estirable 301 está dispuesto separado una distancia d_1 del segundo electrodo estirable 302 (véase la figura 1b). En lo que se refiere a la capacitancia de estiramiento de los electrodos estirables 300, los electrodos estirables 300 tienen una segunda deformación elástica $\epsilon_{y,300}$ que es, en

una realización, al menos el 10 por ciento. Se ha encontrado que este valor es suficientemente alto para un sensor de fuerza conformable en muchas aplicaciones. Un sensor conformable es cómodo de usar y mecánicamente fiable bajo carga variable. Se ha encontrado que este valor es suficientemente alto también desde el punto de vista de la fiabilidad mecánica de los electrodos estirables 300, ya que las deformaciones típicas son menores que este valor.

5 En la alternativa, la segunda deformación elástica $\epsilon_{y,300}$ puede ser al menos el 20 por ciento o al menos el 30 por ciento. Típicamente, la segunda deformación elástica $\epsilon_{y,300}$ es menor que la primera deformación elástica $\epsilon_{y,200}$. Como es convencional, una distancia d_1 entre el primer y el segundo electrodos y una distancia $d_{1,i,j}$ entre los electrodos i y j se refiere a la distancia entre los puntos más cercanos de los dos electrodos, es decir, la distancia más pequeña entre los dos electrodos.

10 En una realización, un electrodo estirable (301, 302) o todos los electrodos estirables 300 está / están hecho(s) de tinta conductora. En una realización, un electrodo estirable (301, 302) o todos los electrodos estirables están hechos de tejido o fibras eléctricamente conductoras. En una realización, la capa estirable 200 comprende TPU y los electrodos estirables 300 están hechos de tinta conductora. En una realización, la capa estirable 200 comprende tejido no conductor entre los electrodos estirables 300, y los electrodos estirables 300 o al menos algunos de los mismos pueden haberse hecho usando tejido conductor, tal como poliamida o poliéster que está recubierta por un metal, tal como la plata. Alternativamente o además, la tinta conductora puede ser utilizada en combinación con tejidos para formar los electrodos estirables 300 o al menos algunos de los mismos.

15 Las tintas y tejidos conductores típicamente comprenden partículas eléctricamente conductoras, tales como escamas o nanopartículas, unidas unas a las otras. Por lo tanto, en una realización, el primer electrodo estirable 301 comprende partículas eléctricamente conductoras, tales como escamas o nanopartículas, unidas unas a las otras de una manera eléctricamente conductora. En una realización preferible, las partículas eléctricamente conductoras comprenden al menos un material de entre carbono, cobre, plata y oro.

20 Haciendo referencia a la figura 4a, el primer electrodo estirable 301 puede estar hecho de tinta conductora, por lo que el primer electrodo estirable 301 es razonablemente homogéneo. Un electrodo estirable de este tipo está configurado para detectar los cambios de capacitancia en un área sustancialmente la misma que el área del electrodo. Por lo tanto, el área efectiva A_{301} (véanse las figuras 1b y 4a) a partir de las cuales dicho electrodo estirable está configurado para medir la presión, es igual al área del mismo electrodo estirable 301. En la presente memoria descriptiva, el área se refiere al área de la sección transversal del electrodo estirable sobre un plano que tiene una superficie normal que es paralela a la dirección del grosor del sensor 900.

25 Sin embargo, haciendo referencia a la figura 4b, el primer electrodo estirable 301, por ejemplo, puede estar cosido a la capa no conductora 200, por ejemplo, una capa textil. Por lo tanto, el electrodo estirable 301 puede estar hecho como una malla de hilos conductores, tales como poliamida o poliéster recubiertos de metal. Se hace notar que un electrodo estirable de este tipo también está configurado para detectar los cambios de capacitancia en un área que es sustancialmente la misma que el área limitada por el borde exterior del electrodo estirable. Por lo tanto, el área efectiva A_{301} (figura 4b) a partir de la cual un electrodo estirable de este tipo está configurado para medir la presión, es igual al área limitada por el borde exterior del electrodo estirable 301; incluso si el área de los hilos conductores puede ser menor. Como alternativa a la costura, un electrodo que tiene la forma de una malla se puede imprimir con tinta conductora. Como es evidente, en ambos tipos de electrodos, el área efectiva del electrodo estirable es igual al área limitada por el borde exterior del electrodo estirable 301.

30 Como es conocido por una persona experta, una fuerza (es decir, la fuerza total) es la integral de la presión sobre la superficie sobre la que actúa la fuerza. Por lo tanto, para poder medir la fuerza (es decir, la fuerza total) además de la presión (es decir, la presión local), preferiblemente sustancialmente toda el área de medición debe estar cubierta con los electrodos estirables 300. Por lo tanto, la distancia que se ha mencionado más arriba d_1 debería ser pequeña. Por otra parte, si la distancia d_1 es demasiado pequeña, los electrodos vecinos 300 pueden acoplarse capacitivamente unos a los otros, lo que puede alterar las mediciones.

35 Haciendo referencia a la figura 3a, en una realización, cada electrodo estirable i (301, 302, 303, ..., 315, 316) está situado a una distancia $d_{1,i,j}$ separados de cada uno de los otros electrodos estirables j (316, 301, 302, 303, ..., 315). En la figura 3a solo las distancias $d_{1,301,302}$ y $d_{1,301,311}$ son mostradas. En una realización, el mínimo de las distancias $d_{1,i,j}$ es al menos 1 mm, preferiblemente al menos 2 mm. Una distancia mínima de este tipo mejora la separación de los electrodos estirables, lo que resulta en un menor acoplamiento capacitivo entre los electrodos. Como resultado, las perturbaciones resultantes de lo mismo durante las mediciones disminuirán.

40 Una forma alternativa o adicional de caracterizar una configuración preferible es que la distancia entre un electrodo 300 y otro electrodo que es el más cercano a ese electrodo debe ser razonablemente pequeña. Esto asegura que la mayor parte de la capa estirable 200 esté cubierta por electrodos, lo que mejora la precisión para medir la fuerza. Esto se puede expresar con las distancias $d_{1,i,j}$. Dado un electrodo i , se selecciona un electrodo $j_m(i)$ de modo que ese electrodo es el más cercano al electrodo i . Es decir, para el electrodo dado i , $j_m(i)$ es el electrodo j que produce el mínimo de las distancias $d_{1,i,j}$ para el electrodo dado i . Como ejemplo, en la figura 3a, el electrodo 302 es el más cercano al electrodo 301. Por lo tanto, $j_m(301)$ es igual a 302, y $d_{1,301,302}$ es igual a $d_{1,301,j_m(301)}$. En una configuración preferible de electrodos, los dos electrodos más cercanos están razonablemente próximos uno del otro. Más especí-

ficamente, en una realización, el máximo de $d_{1,i, j m(i)}$ es como máximo 15 mm, preferiblemente como máximo 10 mm o como máximo 5 mm. El máximo se puede encontrar considerando cada electrodo i posteriormente.

5 En una realización, el sensor de fuerza 900 comprende al menos quince electrodos estirables 300 unidos a la capa estirable 200 (o a la capa 050). Además, cada uno de los electrodos estirables 300 está dispuesto separado una cierta distancia $d_{1,i,j}$ de todos los demás electrodos estirables 300. El número de electrodos estirables aislados eléctricamente unos de los otros por la citada distancia $d_{1,i, j}$ se correlaciona con la precisión espacial del sensor. Cuantos más electrodos 300 se usen, mejor será la precisión espacial. En una realización preferida, por ejemplo en la realización de la figura 6c, el número de electrodos estirables es al menos veinte, tal como veintitrés.

10 Con respecto al área de los electrodos estirables 300 y con referencia a la figura 1b, en una realización, el área de sección transversal efectiva total A_{300} de los electrodos estirables 300 es al menos el 50%, al menos el 70% o al menos el 80% del área de sección transversal total A_{200} de la capa estirable 200. En la presente memoria descriptiva, el área transversal efectiva total A_{300} de los electrodos estirables 300 se refiere a la suma de las áreas efectivas de los electrodos estirables; por ejemplo, en la figura 1b, la suma de las áreas efectivas del primer electrodo estirable 301 y del segundo electrodo estirable 302. En lo que se refiere al área efectiva, véase más arriba. Como es evidente, las áreas de sección transversal se definen en un plano de sección transversal que tiene una superficie normal que es paralela a la dirección del grosor del sensor 900.

20 Haciendo referencia a la figura 1a, en una realización, la capa estirable 200 está dispuesta entre el primer electrodo estirable 301 y la capa elástica deformable 100. En la aplicación típica, el sensor es más cómodo de usar, siempre que la capa elástica deformable 100 se encuentre directamente en contacto con la capa estirable 200, es decir, los electrodos estirables 300 no estén dispuestos entre la capa deformable elástica 100 y la capa estirable 200.

25 Como se indica en la figura 1e, en una realización, una capa elástica y estirable 050 sirve para los propósitos de ambas capa estirable 200 y capa elástica 100. Lo que se ha indicado sobre los electrodos estirables 300 en relación con la capa estirable 200 también se aplica los electrodos estirables 300 con respecto a la capa elástica y estirable 050. Además, lo que se ha indicado sobre la capacitancia de estiramiento de la capa estirable 200, en particular la primera deformación elástica $\epsilon_{y,200}$ de la misma, también se aplica a la capa elástica y estirable 050.

30 Además, lo que se ha dicho sobre la conductancia eléctrica de la capa estirable 200 se aplica también a la capa elástica y estirable 050. Además, lo que se ha dicho sobre la elasticidad de la capa elástica deformable 100, en particular el módulo de Young de la misma, también se aplica la capa a elástica y estirable 050. Por lo tanto, el módulo de Young Y_{050} de la capa elástica y estirable 050 puede estar dentro de los límites que se han explicado más arriba para la capa 100. Además, lo que se ha dicho (o se dirá) con respecto al grosor t_{100} o la dirección del grosor t_{100} de la capa deformable elástica 100 se aplica al grosor t_{050} de la capa elástica estirable 050 y a la dirección del grosor t_{050} .

35 Haciendo referencia a las figuras 1a y 1c, el sensor de fuerza 900 comprende además una lámina flexible 500 que tiene un segundo módulo de Young, Y_{500} ; y el cableado eléctricamente conductor 400 unido a la lámina flexible 500. El primer módulo de Young Y_{200} (de la capa estirable 200) es menor que el segundo módulo de Young Y_{500} . De esta manera, la lámina flexible 500 resiste deformaciones más que la capa estirable 200.

En cuanto a las diferencias entre los módulos de Young primero y segundo, el primer módulo de Young Y_{200} puede ser por ejemplo, al menos el 25%, al menos el 50% o al menos el 75% menor que el segundo módulo de Young Y_{500} .

40 La diferencia entre los módulos de Young tiene el efecto de que, en uso, el esfuerzo de tensión en la lámina flexible 500 es pequeño, por lo que el cableado 400 unido a la lámina flexible 500 no necesita ser estirable. Esto tiene el efecto adicional de que el cableado 400 se puede hacer mucho más estrecho que si fuera estirable. Por ejemplo, en una realización, el cableado eléctricamente conductor 400 comprende cables (401, 402) que tienen un ancho W_{400} de como máximo 200 μm o como máximo 150 μm . Más preferiblemente, el cableado eléctricamente conductor 400 consta de cables de este tipo (401, 402), al menos el 50% o al menos el 60% de los cables (401, 402) tienen un ancho W_{400} como máximo de 200 μm o como máximo de 150 μm . En la presente memoria descriptiva las proporciones que tienen el ancho dado se dan a lo largo de la longitud. Por lo tanto, por ejemplo siempre que la longitud total de los cables sea de 1000 mm, por ejemplo al menos 500 mm, los cables pueden tener un ancho de como máximo 200 μm .

50 Como es conocido por una persona experta, la flexibilidad de una lámina es inversamente proporcional a la tercera potencia del grosor de la lámina. Por lo tanto, la lámina flexible debe ser lo suficientemente delgada para garantizar su flexibilidad en uso. En una realización, el grosor t_{500} de la lámina flexible 500 es como máximo 0,5 mm. El grosor t_{500} de la lámina flexible 500 puede ser, por ejemplo menor de 0,4 mm. En una realización, la lámina flexible comprende al menos un material de entre poliéster, poliimida, naftalato de polietileno y polieterecetona.

55 Además, para tener un sensor cómodo 900, preferiblemente la mayor parte del sensor 900 es, o al menos se percibe, elástico. A la inversa, la lámina flexible 500, que puede ser una lámina no estirable 500 en el sentido que se ha mencionado con anterioridad, puede ser pequeña en comparación con la capa estirable 200. Por lo tanto, en una realización, el área de sección transversal de la lámina flexible 500 es como máximo la mitad del área de sección

transversal de la capa estirable 200. En la presente memoria descriptiva, las áreas de sección transversal se refieren a áreas de secciones transversales en planos que tienen una superficie normal que es paralela a la dirección del grosor del sensor 900. En algunas de estas realizaciones, la sección transversal del área de la lámina flexible 500 es como máximo un tercio o como máximo un cuarto del área de la sección transversal de la capa estirable 200. Tales realizaciones se representan, por ejemplo en las figuras 1d, 3d y 6d.

En el sensor de fuerza 900, al menos una parte del cableado eléctricamente conductor 400 está acoplado al primer electrodo estirable 301 de manera eléctricamente conductora; y al menos una parte del cableado eléctricamente conductor 400 está acoplado al segundo electrodo estirable 302 de manera eléctricamente conductora. De esta manera, el sensor 900 comprende conexiones 490 entre el cableado 400 y los electrodos estirables 300. Las conexiones son eléctricamente conductoras. Las conexiones 490 pueden hacerse de modo que la resistividad eléctrica de la conexión sea como máximo de 10 Ω . Además o alternativamente, el material de la conexión 490 puede ser eléctricamente conductor en el sentido que se ha mencionado con anterioridad.

En una realización, una conexión 490 está hecha de adhesivo eléctricamente conductor, es decir, comprende adhesivo eléctricamente conductor curado. Tales adhesivos incluyen adhesivos isotrópicamente conductores y adhesivos anisotrópicamente conductores. La conexión 490 puede ser formada usando cinta conductora, tal como un adhesivo conductor anisotrópico. Los adhesivos conductores típicamente comprenden partículas de níquel, grafito o plata mezcladas en un material de matriz. El material de matriz puede ser un polímero curado que se forma por polimerización de una resina del adhesivo durante el curado del mismo. La resina puede ser una resina epoxídica. Un ejemplo del citado adhesivo se conoce con los nombres LOCTITE ABLESTIK CA 3150 e Hysol ECCOBOND CA3150. Además, las conexiones 490 pueden ser galvánicas, por lo que una conexión puede comprender algo de soldadura, en el que la soldadura puede comprender estaño. Las soldaduras disponibles comúnmente incluyen aleaciones de soldadura de estaño - plomo, estaño - cobre - plata y estaño - zinc - cobre.

Como se indica en las figuras 3c y 4c, el cableado 400 comprende cables 401, 402, 403,..., 416. Los cables 401, 402, 403,..., 416 están aislados eléctricamente unos de los otros. Además, a cada electrodo estirable se acopla al menos un cable de una manera eléctricamente conductora. Por ejemplo, en una realización, al menos una parte del cableado eléctricamente conductor 400, tal como el cable 401, está acoplado al primer electrodo estirable 301 con una conexión eléctricamente conductora 490. En una realización, al menos una parte del cableado eléctricamente conductor 400, tal como el cable 402, está acoplado al segundo electrodo estirable 302 con una conexión eléctricamente conductora 490.

Además, típicamente, un cable está acoplado de manera eléctricamente conductora solamente a un electrodo estirable. Esto es para mejorar la resolución espacial del sensor, es decir, cada electrodo estirable puede ser usado para medir una fuerza o de presión en la posición de sustancialmente solo el electrodo estirable.

Un cable que está conectado a un electrodo se superpone al electrodo estirable al que está conectado. En la presente memoria descriptiva, el término "superposición" significa que el área definida por los límites del electrodo estirable comprende al menos una proyección del cable, proyectándose la proyección en la dirección del grosor del sensor 900 sobre el área. Además, preferiblemente, cada cable solapa solamente un electrodo. Esto asegura que una medición que usa el primer electrodo estirable 301 no perturbe una medición que usa el segundo electrodo estirable 302.

Además o alternativamente, en una realización, al menos parte del cableado 400 está dispuesto para no solaparse con ninguno de los electrodos estirables 300. Por ejemplo, en una realización, como máximo el 25% del cableado 400 (el porcentaje medido a lo largo de la longitud, véase arriba) está dispuesto para solaparse (en el sentido que se ha mencionado más arriba) a un electrodo estirable 300. En consecuencia, un espacio libre de electrodos 210 (véase la figura 1b) se deja sobre la capa estirable 200 fuera de todos los electrodos estirables de este tipo (300, 301, 302, 303, 304, 305, 306) que están unidos a la capa estirable 200. En una realización, al menos parte del cableado eléctricamente conductor 400 está dispuesto para solapar el espacio libre de electrodos 210. Por lo tanto, el espacio libre de electrodos 210 comprende al menos parte de una proyección del cableado 400, siendo proyectada la proyección en la dirección del grosor del sensor 900 sobre el espacio libre de electrodos 210. En otras palabras, al menos parte del cableado eléctricamente conductor 400 está dispuesto en o debajo del espacio libre de electrodos 210. Como se ha indicado más arriba, en una realización, al menos el 75% del cableado eléctricamente conductor 400 está dispuesto para superponerse al espacio libre de electrodos 210. También esto disminuye las perturbaciones que una medición que utiliza el primer electrodo estirable 301 produce en una medida que utiliza el segundo electrodo estirable 302.

Además, en una realización, al menos parte del cableado 400 está dispuesto en un área central del sensor 900. Preferiblemente, la mayor parte del cableado 400 está dispuesto en un área central del sensor 900. Esto tiene dos efectos. En primer lugar, se ha encontrado que, en un uso típico, los límites del sensor están expuestos a las mayores tensiones mecánicas, en particular las tensiones en una dirección distinta del grosor. En consecuencia, tales tensiones son más bajas en el centro. Puesto que la lámina flexible 500 prácticamente no se puede estirar, la aplicación de la lámina 500 y el cableado a un área central mejora la fiabilidad mecánica del sensor 900. En segundo lugar, de esta manera, el sensor 900 se puede cortar a la forma necesaria. En particular, los límites del sensor 900 se pueden cortar sin afectar la funcionalidad del sensor 900. De esta manera, se pueden producir sensores similares

900, y se pueden cortar a la forma necesaria de acuerdo con la necesidad. Por ejemplo, se puede producir una plantilla de calzado de un tamaño, es decir, grande, y la plantilla de calzado se puede cortar para que se ajuste al calzado del usuario. Por lo tanto, en una realización, al menos el 90% del cableado eléctricamente conductor 400 está dispuesto a una segunda distancia d_2 (véase la figura 1d) separada de un límite de la capa estirable 200. En una realización, la segunda distancia d_2 es al menos el 5% del menor de entre una longitud L_{200} y un ancho W_{200} de la capa estirable 200. En una realización, la segunda distancia d_2 es de al menos 5 mm. En una realización, al menos el 95% del cableado eléctricamente conductor 400 está dispuesto separado la segunda distancia d_2 de un límite de la capa estirable 200.

Una forma alternativa de describir la disposición preferible del cableado es considerar la configuración de los electrodos estirables 300. Con referencia a las figuras 4a y 4b, todos los electrodos estirables 300 están dispuestos dentro de un área convexa de un plano que tiene una superficie normal que es paralela a la dirección del grosor del sensor 900. La más pequeña de tales áreas convexas que incluyen todos los electrodos estirables 300 es indicada por la referencia 390 en las figuras 4a y 4b. En las figuras, solo se muestra el límite de la citada área. De manera convencional, el término "área convexa" se refiere a una parte de un plano en la que una sección que conecta cualquiera de los dos puntos de esa parte del plano está completamente contenida dentro de esa parte del plano. En algunas realizaciones, el área convexa más pequeña está comprendida por la capa estirable 200. Sin embargo, en el caso de que la forma de la capa estirable 200 no sea convexa, es posible que el área convexa más pequeña no esté comprendida por la capa estirable 200. Este es el caso, por ejemplo en la figura 6c. En una realización, al menos el 90% o al menos el 95% del cableado 400 se superpone al área convexa más pequeña 390 que incluye todos los electrodos estirables 300.

En la figura 1b, la posición a la que está conectado el cable 401 es designada por p_{401} . Una localización de este tipo puede ser denominada como posición de contacto. De manera correspondiente, la posición a la que está conectado el cable 402 es designada como p_{402} . El cableado 400 puede comprender almohadillas que están dispuestas para conectarse a las posiciones de contacto p_{401} , p_{402} . Localizaciones similares se muestran también en las figuras 2 y 3a. Las localizaciones de las posiciones de contacto p_{401} , p_{402} ,... están optimizadas para que la longitud del cableado 400 se minimice. De esta manera, la resistencia del cableado es 400 también pequeña. Como se indica en la figura 1d, el cable 401 está unido a la posición de contacto p_{401} y el cable 402 está unido a la posición de contacto p_{402} .

En el sensor de fuerza 900, la capa estirable 200, el primer y segundo electrodos estirables 301, 302, la lámina flexible 500 y el cableado eléctricamente conductor 400 se dejan en el mismo lado de la capa elástica deformable 100. Esto ayuda a la fabricabilidad del sensor de fuerza.

Haciendo referencia a las figuras 1c, 1d y 4c, una realización del sensor de fuerza 900 comprende al menos un circuito integrado 700 conectado al cableado eléctricamente conductor 400 de una manera eléctricamente conductora. En cuanto a las figuras 1d y 4c, se hace notar que el cableado 400 y el circuito 700 se dejan debajo de la lámina flexible 500 en estas figuras. Sin embargo, el cableado 400 y el circuito 700 se muestran en las figuras para mayor claridad. En las figuras 1b y 1c, la vista (una vista superior o una vista inferior) se selecciona de modo que la materia conductora (400, 300) esté encima del sustrato correspondiente (500, 200, respectivamente).

Además, una realización del sensor de fuerza 900 comprende una batería configurada para suministrar energía al circuito integrado 700. Preferiblemente, la batería es recargable. El circuito integrado 700 está configurado para medir la capacitancia de al menos uno de los electrodos estirables 300. Preferiblemente, el circuito integrado 700 está configurado para medir la capacitancia de cada uno de los electrodos estirables 300 por separado. En una realización, el circuito integrado 700 está configurado para enviar los resultados de medición a una unidad de control externa. En una realización, el circuito integrado 700 está configurado para enviar los resultados de medición a una unidad de control externa de forma inalámbrica. Esto permite analizar los datos de medición en tiempo real. En una realización, el circuito integrado 700 está configurado para almacenar los resultados de la medición en una memoria del sensor de fuerza 900, tal como una memoria del circuito integrado 700. Esto permite analizar los datos de medición al menos después de las mediciones.

En una realización, el circuito integrado 700 está configurado para recibir datos de otro sensor de fuerza. Además, en una realización, el circuito integrado 700 está configurado para enviar (es decir, transmitir - recibir) los citados datos a otra unidad de control externa. De esta forma, múltiples sensores de fuerza pueden enviar datos de medición a través de otros sensores a la unidad de control externa.

Con la estructura del sensor como se ha explicado más arriba, es posible medir la capacitancia de un electrodo estirable 300 en relación con algo. La capacitancia se puede medir en relación con otro electrodo estirable 300. Por ejemplo, todos los demás electrodos estirables 300 pueden formar una tierra común, con respecto a la cual se puede medir la capacitancia. Así, posteriormente, se puede medir la capacitancia de todos los electrodos estirables 300. Esto, sin embargo, disminuye la frecuencia de muestreo. También es posible medir la capacitancia en relación con el entorno. Esto, sin embargo, no da resultados precisos.

Por lo tanto, con referencia a la figura 5a, una realización preferible del sensor 900 comprende una primera capa eléctricamente conductora 600 (o 600a). La capa elástica y estirable 050 está dispuesta entre los electrodos 300 y la primera capa eléctricamente conductora 600. Cuando la capa elástica y estirable 050 comprende la capa elástica

deformable 100 y la capa estirable 200, la capa elástica deformable 100 está dispuesta entre primera capa eléctricamente conductora 600 y la capa estirable 200. De esta manera, la primera capa eléctricamente conductora 600 puede servir como un electrodo de tierra, con respecto al cual se mide la capacitancia de cada uno de los electrodos estirables 300. En una configuración de este tipo, la compresión de la capa deformable elástica 100 afecta la distancia entre dos electrodos (es decir, la primera capa eléctricamente conductora 600 y un electrodo estirable 300, tal como el primer electrodo estirable 301). Como es conocido por una persona experta, la capacitancia de un condensador de este tipo formado por los citados dos electrodos es inversamente proporcional a la distancia entre los electrodos. Al medir la capacitancia, se puede calcular la distancia entre los electrodos. Por la distancia, se puede determinar la tensión dentro de la capa deformable elástica 100. Puesto que se conoce el material de la capa 100, la deformación define la tensión (es decir, la presión) dentro de la capa deformable 100. De esta manera, se puede determinar la presión en cada electrodo estirable. Además, puesto que se conoce el área efectiva del electrodo estirable, se puede determinar la fuerza que afecta a ese electrodo estirable. Finalmente, siempre que los electrodos cubran sustancialmente toda el área de la sección transversal del sensor, se puede medir la fuerza total.

En cuanto al material de la primera capa eléctricamente conductora 600 (o 600a), la primera capa eléctricamente conductora 600 puede comprender al menos un material de entre

- material eléctricamente conductor hecho de tinta conductora,
- tejido eléctricamente conductor, y
- polímero eléctricamente conductor.

El polímero eléctricamente conductor puede ser una película hecha del polímero. En algunas realizaciones, la primera capa eléctricamente conductora 600 comprende partículas eléctricamente conductoras, tales como escamas o nanopartículas, unidas unas a las otras de una manera eléctricamente conductora. En algunas de estas realizaciones, las partículas eléctricamente conductoras comprenden al menos un material de entre carbono, cobre, plata y oro.

También se ha encontrado que la humedad (o el agua) puede afectar los resultados de la medición. Se usan sensores razonables comúnmente de uso de tal manera que el sudor introduce humedad en el sensor 900. En particular, cuando la humedad se acerca a los electrodos 300, la humedad puede afectar mucho las mediciones.

Haciendo referencia a la figura 5b, para evitar problemas relacionados con el exceso de humedad, una realización del sensor de fuerza 900 comprende una capa deformable elástica adicional 100b y una segunda capa eléctricamente conductora 600b. La capa deformable elástica adicional 100b está dispuesta entre la segunda capa eléctricamente conductora 600b y la capa estirable 200. Además, al menos parte de la capa estirable 200 está dispuesta entre la capa deformable elástica 100 y la capa deformable elástica adicional 100b. Por lo tanto, al menos parte de la capa estirable 200 está dispuesta entre la primera capa eléctricamente conductora 600a y la segunda capa eléctricamente conductora 600b. En una realización, al menos el primer electrodo estirable 301 está dispuesto entre la primera capa eléctricamente conductora 600a y la segunda capa eléctricamente conductora 600b. En una realización, todos los electrodos estirables 300 están dispuestos entre la primera capa eléctricamente conductora 600a y la segunda capa eléctricamente conductora 600b.

Lo que se ha dicho sobre el material de la primera capa eléctricamente conductora (600, 600a) se aplica al material de la segunda capa eléctricamente conductora 600b. Lo que se ha dicho sobre el material de la capa deformable elástica 100, 100a se aplica a la capa deformable elástica adicional 100b.

Un problema relacionado con tales sensores es la selección del material de la capa deformable elástica 100, 100a y / o de la capa deformable elástica adicional 100b. Como se ha indicado más arriba, el módulo de Young de la capa debe ser razonablemente pequeño. Sin embargo, se sabe que muchos materiales que son blandos y / o tienen un módulo de Young pequeño se deslizan. Por otro lado, no se prefiere el deslizamiento, puesto que la compresión permanente de la capa deformable elástica 100, 100a, 100b afectaría los resultados de la medición. Con referencia a las figuras 7a a 7c, para abordar este problema, en una realización la capa deformable elástica 100, 100a limita los orificios 110 que se extienden en la dirección del grosor t_{100} de la capa elástica deformable 100. Tales orificios 110 en efecto hacen que el material sea más blando. Por lo tanto, al tener los orificios 110, es posible usar un material más duro y / o un material con un módulo de Young más alto. Un material de este tipo típicamente se desliza significativamente menos que los materiales más blandos. El efecto de los orificios 110 es simplemente reducir el área de esa parte de la capa elástica deformable 100 que comprende el material sólido deformable. A medida que el área disminuye, fuerzas similares generan un mayor esfuerzo. Incluso si no se muestra explícitamente, de forma alternativa o además, la capa deformable elástica adicional 100b puede limitar los orificios correspondientes.

Preferiblemente, el área transversal total A_{110} de los orificios 110 constituye al menos el 5% o al menos el 10% del área de sección transversal A_{100} de la capa deformable elástica 100. En la presente memoria descriptiva, la sección transversal se refiere a una sección transversal en un plano que tiene una superficie normal que es paralela a la dirección del grosor. Además, el área transversal total A_{110} de los orificios 110 se refiere a la suma de las áreas de sección transversal de los orificios individuales 110. Aún más, el área de sección transversal A_{100} de la capa defor-

mable elástica 100 se refiere al área de una sección limitada por el límite exterior de la capa deformable elástica 100. Por lo tanto, el área de sección transversal A_{100} de la capa deformable elástica 100 está constituida por el área transversal total A_{110} de los orificios 110 y el área de esa parte de la capa deformable elástica 100 que comprende el material sólido deformable de la capa deformable 100. Sin embargo, es posible que solo una pequeña porción de la capa deformable elástica 100 limite los orificios, por lo que el área transversal total A_{110} de los orificios 110 puede ser pequeña.

En una realización, al menos algunos de los orificios 110 se extienden desde un primer lado 102, 102a (véanse las figuras 5a y 5b) de la capa deformable elástica 100, 100a, a través de la capa deformable elástica 100, 100a, hasta un segundo lado 104, 104a de la capa deformable elástica 100. Además del ablandamiento, tales orificios pasantes pueden mejorar la ventilación del sensor 900. En caso de que el sensor 900 comprenda la capa deformable elástica adicional 100b, en una realización, al menos algunos orificios se extienden desde un primer lado 102b (véase la figura 5b) de la capa deformable elástica adicional 100b, a través de la capa deformable elástica adicional 100b, hasta un segundo lado 104b de la capa deformable elástica adicional 100b. Haciendo referencia a las figuras 7a a 7c, en particular a 7b y 7c, los orificios 110 pueden usarse para diseñar la dureza efectiva local de la capa elástica deformable 100. Al usar orificios, una región puede hacerse más blanda que otra región, incluso si se usa el mismo material en ambas regiones. De manera correspondiente, en áreas en las que se sabe que la carga (fuerza o de presión) es pequeña, se pueden hacer muchos orificios para ablandar mucho el material. Muchos orificios se refieren al área de la sección transversal total de los orificios en proporción a la región correspondiente de la capa deformable 100. Al aumentar el tamaño y / o el número de orificios, el material puede hacerse más blando. La figura 7b indica regiones más duras y más blandas hechas por los orificios 110, en las que el tamaño de los orificios es el mismo, pero su densidad numérica varía. La figura 7b indica regiones más duras y más blandas hechas por los orificios 110, en las que el tamaño de los orificios varía así como su densidad numérica. Naturalmente, sería posible afectar solo el tamaño de los orificios.

En las figuras 7b y 7c, la capa deformable elástica 100 comprende una primera región 100A y una segunda región 100B. La segunda región 100B no comprende una parte de la primera región 100A. La primera región 100A limita los primeros orificios 110A que se extienden en la dirección del grosor t_{100} de la capa deformable elástica 100. El área total de la sección transversal de los primeros orificios A_{110A} constituye una primera porción (A_{110A} / A_{100A}) del área transversal A_{100A} de la primera región 100A. Además, la segunda región 100B limita los segundos orificios 110B que se extienden en la dirección del grosor t_{100} de la capa deformable elástica 100. El área total de la sección transversal de los segundos orificios A_{110B} constituye una segunda porción (A_{110B} / A_{100B}) del área transversal A_{100B} de la segunda región 100B. Para tener el efecto mencionado de ablandar el material de manera diferente en diferentes lugares, la primera porción (A_{110A} / A_{100A}) es diferente de la segunda porción (A_{110B} / A_{100B}). Por ejemplo, la diferencia entre las porciones (A_{110A} / A_{100A}) y (A_{110B} / A_{100B}) puede ser de al menos 25 unidades porcentuales.

Además, la rigidez de la capa 100 se puede diseñar en particular en el lugar en el que están dispuestos los electrodos estirables. Por lo tanto, en una realización, un área rodeada por un borde exterior de un electrodo estirable 300 comprende al menos una parte de una proyección de un orificio 110, en el que la proyección del orificio 110 se proyecta sobre el área en la dirección del grosor del sensor 900. En una realización, un área rodeada por un borde exterior de un electrodo estirable 300 comprende una proyección de unos orificios 110. En una realización, un área rodeada por un borde exterior de un electrodo estirable 300 comprende proyecciones de múltiples orificios 110. En una realización, una región 100A, 100B, 100C comprende al menos parte de un electrodo estirable 300. Además, preferiblemente, una región 100A, 100B, 100C comprende un electrodo estirable 300.

También se observa que el diseño del ablandamiento puede ser más efectivo cuando el número de primeros orificios 110A y segundos orificios 110B es significativo. Por ejemplo, el número de primeros orificios 110A en la primera región 100A puede ser al menos diez o al menos cincuenta. Por ejemplo, el número de segundos orificios 110B en la segunda región 100B puede ser al menos diez o al menos cincuenta. Además, la primera región 100A o la segunda región 100B no son arbitrariamente grandes. En una realización, la primera región 100A es el área convexa más pequeña que rodea todos los primeros orificios 110A. En una realización, la segunda región 100B es el área convexa más pequeña que rodea todos los segundos orificios 110B. En una realización, la primera región 100A y la segunda región 100B constituyen la capa deformable elástica 100.

Sin embargo, como se indica en las figuras 7b y 7c, la capa deformable elástica 100 puede comprender una tercera región 100C de tal manera que la tercera región 100C no comprenda una parte de la segunda región 100B o una parte de la primera región 100A. La tercera región 100C limita los terceros orificios 110C que se extienden en la dirección del grosor t_{100} de la capa deformable elástica 100. El área total de la sección transversal de los terceros orificios A_{110C} constituye una primera porción (A_{110C} / A_{100C}) del área transversal A_{100C} de la tercera región 100C. Además, la tercera porción (A_{110C} / A_{100C}) es diferente de la primera porción (A_{110A} / A_{100A}) y la segunda porción (A_{110B} / A_{100B}). En una realización, la primera región 100A, la segunda región 100B y la tercera región 100C constituyen la capa elástica deformable 100.

Con referencia a las figuras 7d a 7f, además o como alternativa a los orificios 110, el material de la capa deformable elástica deformable 100, 100a puede ser ablandado aplicando una capa más blanda del material 160 como parte de la capa deformable elástica 100, 100a. La capa más blanda 160 puede estar dispuesta, por ejemplo, entre dos capas más duras 150, como se indica en la figura 7d. Además, el material más duro 150 puede comprender orificios

110 que se han llenado con el material más blando 160 como se indica en las figuras 7e y 7f. Como se ha indicado más arriba, los orificios 110 no tienen que ser llenados.

Incluso si no se muestra en las figuras, es posible ablandar, además o alternativamente, la capa deformable elástica adicional 100b de una manera similar.

5 Además, con referencia a la figura 1e, en una realización la capa elástica y estirable 050 consiste en una capa de un solo material. Lo que se ha dicho sobre el diseño de la rigidez de la capa deformable elástica 100 se aplica también a la capa elástica y estirable 050. Los orificios 110 se pueden extender en la dirección del grosor de la capa elástica y estirable 050. Los orificios 110 se pueden extender desde un lado de la capa elástica y estirable 050 al lado opuesto de la capa elástica y estirable 050 en la dirección del grosor de la capa elástica y estirable 050.

10 Se puede usar una realización del sensor, además de las mediciones, para soportar al usuario. Tal soporte puede mejorar aún más la comodidad. Con referencia a las figuras 8a - 8b, una realización del sensor 900 comprende una capa de soporte 650. Un soporte de este tipo es típicamente cómodo si se ha conformado para atenerse a una parte del cuerpo del usado. Sin embargo, la forma de la parte del cuerpo puede variar de un usuario a otro usuario.

15 Con el fin de dar forma a la capa de soporte 650 de acuerdo con las necesidades, la capa de soporte 650 comprende material termoplástico. Un material termoplástico se vuelve deformable por encima de una temperatura de deflexión y recupera su rigidez al enfriarse. De esta manera, la capa de soporte puede calentarse por encima de la temperatura de deflexión. Mientras se calienta, la capa de soporte 650 puede deformarse a una forma, por ejemplo a una forma que se conforme a una parte del cuerpo de un usuario, tal como a la forma de un pie. Al enfriarse, la capa de soporte 650 recupera su rigidez y puede servir como soporte para el usuario. De esta manera, el soporte se puede personalizar.

20 La temperatura de deflexión del material termoplástico de la capa de soporte 650 no debe ser demasiado baja, para tener el efecto de soporte también en uso; en particular en uso cuando está en contacto con una parte del cuerpo. Además, la temperatura de deflexión del material termoplástico de la capa de soporte 650 no debería ser demasiado alta, porque el sensor 900 comprende contactos eléctricos que son vulnerables al calor. Preferiblemente, la temperatura de deflexión es de 60°C a 120°C. Además, para tener una capa 650 razonablemente de soporte, el grosor de la capa de soporte 650 debe ser de al menos 0,2 mm, tal como de 0,2 mm a 2 mm. El grosor en la presente memoria descriptiva se refiere a un grosor promedio.

25 En una realización, la capa de soporte 650 comprende al menos un material de entre policarbonato, cloruro de polivinilo, acrílicos (por ejemplo, copolímeros de estireno - acrilonitrilo, acrilato de acrilonitrilo estireno), metacrilato de polimetilo, tereftalato de polietileno y tereftalato de polietileno modificado con glicol. La capa de soporte 650 puede comprender además fibras de refuerzo del grupo que comprende fibras de carbono, fibras de vidrio y fibras de aramida.

30 La capa de soporte 650 puede estar dispuesta de modo que, en uso, las capas deformables elásticas (100, 100a) o la capa deformable elástica adicional 100b estén dispuestas para permanecer entre un punto en el que la fuerza que se detecta afecta y la capa de soporte 650. Por ejemplo, el sensor de las figuras 8a a 8c está configurado para usarse de tal manera que la fuerza que se detecta afecta en un punto en la parte superior de la primera capa eléctricamente conductora 600 o 600a. Por lo tanto, una capa elástica 100, 100a se deja entre el soporte 650 y un punto de este tipo.

35 Como se ha indicado más arriba, el sensor de fuerza 900 se puede incluir en un artículo de uso, tal como una prenda de vestir. Por lo tanto, una realización de la invención es un artículo de uso que comprende el sensor de fuerza 900 como se ha descrito más arriba.

Los ejemplos de artículos de uso incluyen:

- artículos usados en el pie, tales como calzado, plantilla de calzado o calcetín,
- artículos usados en la mano, tales como un guante, un mitón o una manopla; especialmente prendas deportivas
- 45 tales como guantes de boxeo, guantes de golf o similares, y
- Pantalones y calzones.

Además, el sensor puede usarse en muebles inteligentes, tales como

- sillas de vehículos,
- sillas, sofás,
- 50 – sábanas de cama, mantas, colchones y
- alfombras y moquetas.

Sin embargo, debido a la capa estirable 200, el sensor 900 es el más adecuado para aplicaciones en las que el sensor se deforma durante el uso.

5 El sensor es particularmente adecuado para su uso en una plantilla de calzado 910 adecuada para el calzado. En tal caso, la forma de la plantilla de calzado 910 está adaptada a la forma del calzado. Además, la plantilla de calzado 910 comprende un sensor de fuerza 900 como se ha explicado más arriba.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor capacitivo de fuerza y / o de presión (900) que comprende
 - una capa elástica y estirable (050) que comprende una capa elástica (200) que tiene un primer módulo de Young (Y_{200}) y una primera deformación elástica ($\epsilon_{y,200}$),
- 5 – al menos un primer electrodo estirable (301) y un segundo electrodo estirable (302) unido a la capa elástica y estirable (050) y dispuesto una primera distancia ($d_1, d_{1,301,302}$) de separación uno del otro,
 - una lámina flexible (500) que tiene un segundo módulo de Young (Y_{500}),
 - cableado eléctricamente conductor (400) unido a la lámina flexible (500), y
 - una primera capa eléctricamente conductora (600, 600a), en la que
- 10 – al menos una parte del cableado eléctricamente conductor (400) está acoplado al primer electrodo estirable (301) de una manera eléctricamente conductora,
 - al menos una parte del cableado eléctricamente conductor (400) está acoplado al segundo electrodo estirable (302) de una manera eléctricamente conductora,
- 15 – la capa elástica (200), los electrodos estirables primero y segundo (301, 302), la lámina flexible (500) y el cableado eléctricamente conductor (400) se dejan en el mismo lado de una capa elástica deformable (100),
 - la capa elástica y estirable (050) está dispuesta en una dirección de grosor del sensor (900) entre la primera capa eléctricamente conductora (600, 600a) y el primer electrodo estirable (301),
 - la primera deformación elástica ($\epsilon_{y,200}$) es al menos el 10 por ciento, y
- 20 – el primer módulo de Young (Y_{200}) es menor que el segundo módulo de Young (Y_{500}), en el que
 - el grosor (t_{500}) de la lámina flexible (500) es como máximo 0,5 mm,
 - un área transversal efectiva total (A_{300}) de los electrodos estirables es al menos el 50% del área total de la sección transversal (A_{200}) de la capa elástica (200), y
 - la capa elástica y estirable (050) comprende la capa elástica deformable (100); y el sensor (900) comprende
- 25 – una capa deformable elástica adicional (100b) y
 - una segunda capa eléctricamente conductora (600b) de modo que
 - la primera capa eléctricamente conductora (600, 600a) y la segunda capa eléctricamente conductora (600b) se dejan en lados opuestos del primer electrodo estirable (301), y
- 30 – la capa deformable elástica adicional (100b) está dispuesta en una dirección de grosor del sensor (900) entre la segunda capa eléctricamente conductora (600b) y el primer electrodo estirable (301).
2. El sensor (900) de la reivindicación 1, en el que
 - la capa estirable (200) está dispuesta entre el primer electrodo estirable (301) y la capa elástica deformable (100).
3. El sensor (900) de la reivindicación 1 o 2, en el que
- 35 – la capa deformable elástica (100) tiene un módulo de Young (Y_{100}) que es más pequeño que el primer módulo de Young (Y_{200}).
4. El sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que
 - la capa estirable (200) comprende un material de entre poliuretano termoplástico (TPU), poliamida y poliéster.
5. El sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que

- la capa elástica y estirable (050), tal como la capa elástica y deformable (100) de la misma, comprende al menos un material de entre poliuretano, polietileno, poli (etileno - acetato de vinilo), cloruro de polivinilo, poliborodimetilsiloxano, poliestireno, acrilonitrilo - butadieno - estireno, estireno - butadieno estireno, caucho de etileno propileno, neopreno, corcho, látex, caucho natural, silicona y gel elastomérico termoplástico.
- 5 6. El sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que
- se deja un espacio libre de electrodos (210) sobre la capa elástica y estirable (050, 100, 200) fuera de todos los electrodos estirables de este tipo (300, 301, 302, 303, 304, 305, 306) que están unidos a la capa elástica y estirable (050, 100, 200) y
- 10 – al menos parte del cableado eléctricamente conductor (400) está dispuesto sobre o debajo del espacio libre de electrodos (210);
- preferiblemente,
- al menos el 75% del cableado eléctricamente conductor (400) está dispuesto sobre o debajo del espacio libre de electrodos (210).
7. El sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que
- 15 – el cableado eléctricamente conductor (400) comprende cables (401, 402) que tienen un ancho (W_{400}) de como máximo 200 μm ;
- preferiblemente
- el cableado eléctricamente conductor (400) consta de cables (401, 402), de los cuales al menos el 50% tienen un ancho (W_{400}) de como máximo 200 μm ;
- 20 8. El sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que
- el primer electrodo estirable (301) comprende partículas eléctricamente conductoras, tales como escamas o nanopartículas, unidas unas a las otras de manera eléctricamente conductora;
- preferiblemente
- las partículas eléctricamente conductoras comprenden al menos un material de entre de carbono, cobre, plata y oro.
- 25 9. El sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que
- la lámina flexible (500) comprende al menos un material de entre poliéster, poliimida, naftalato de polietileno y polieteretercetona.
10. El sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende
- 30 – al menos un circuito integrado (700) conectado al cableado eléctricamente conductor (400) de manera eléctricamente conductora, en el que
- el circuito integrado (700) está configurado para medir la capacitancia de al menos el primer electrodo estirable (301).
11. El sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende
- 35 – múltiples electrodos estirables (300) unidos a la capa elástica y estirable (050) de manera que
- cada uno de los electrodos estirables (300) está dispuesto a cierta distancia ($d_{1,i,j}$) separado de todos los demás electrodos estirables (300); preferiblemente
 - el mínimo de las distancias ($d_{1,i,j}$) es de al menos 1 mm.
12. El sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que
- 40 – al menos una parte de la primera y / o la segunda capa eléctricamente conductora (600, 600a, 600b) está hecha de una tinta conductora y / o
- la primera y / o la segunda capa eléctricamente conductora (600, 600a, 600b) comprende tejido eléctricamente conductor y / o

– la primera y / o la segunda capa eléctricamente conductora (600, 600a, 600b) comprende un polímero eléctricamente conductor.

13. El sensor (900) de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende

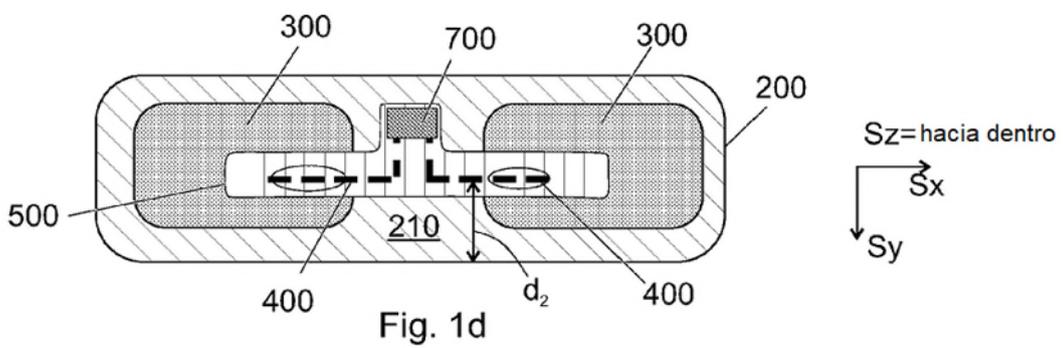
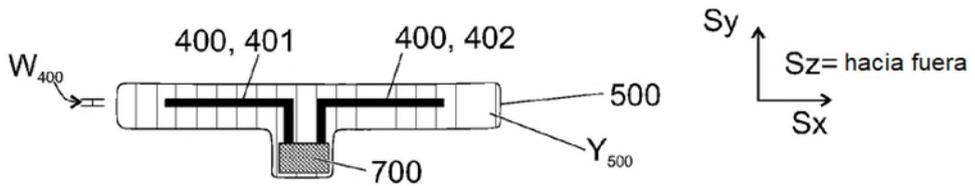
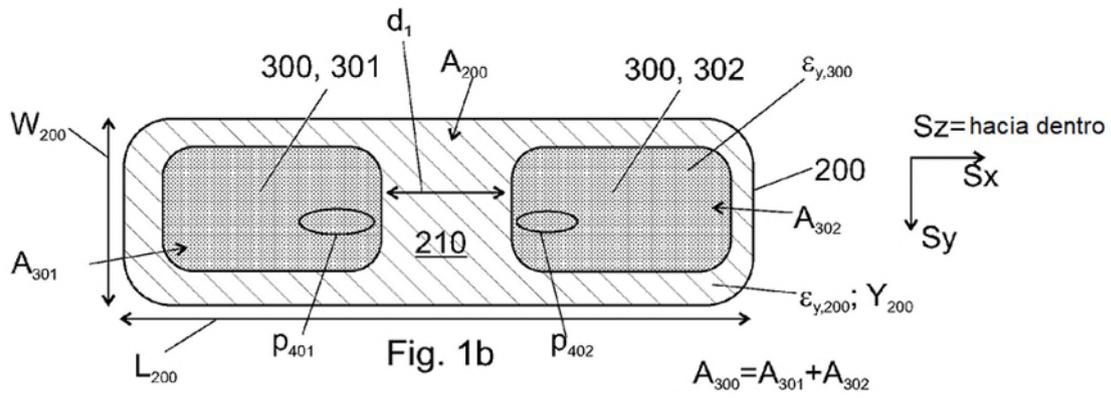
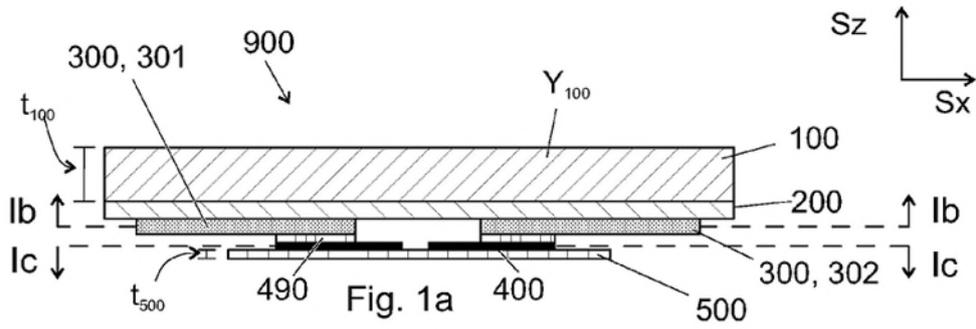
– una capa de soporte (650) tal que

5 – el primer electrodo estirable (301) y el segundo electrodo estirable (302) están dispuestos entre la capa elástica y estirable (050) y la capa de soporte (650).

14. El sensor de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que

– un área de sección transversal de la lámina flexible (500) es como máximo la mitad de un área de sección transversal de la capa elástica y estirable (050).

10 15. Un artículo de uso, como una prenda, por ejemplo, un zapato, una plantilla de calzado, un calcetín, un guante o una manopla que comprende un sensor (900) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.



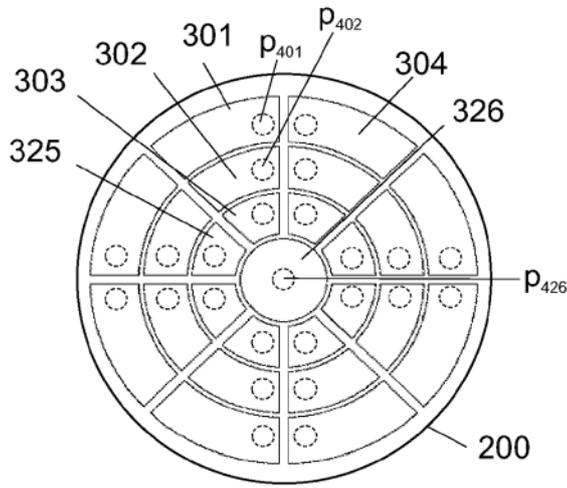


Fig. 2

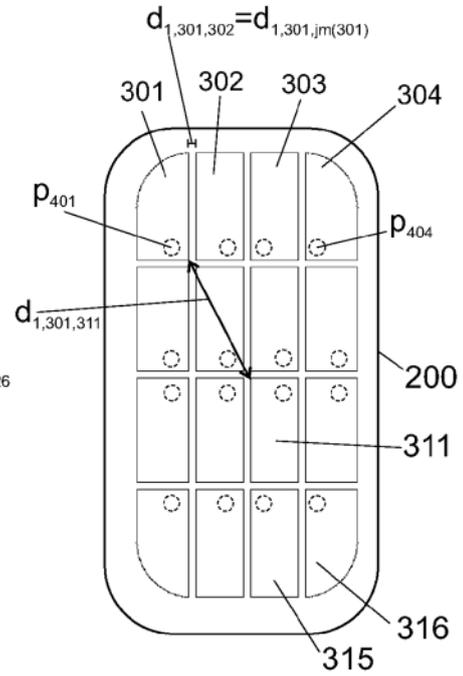


Fig. 3a

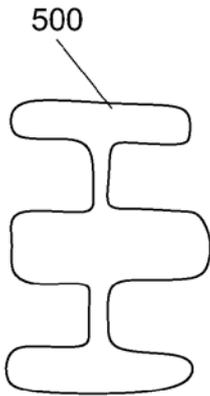


Fig. 3b

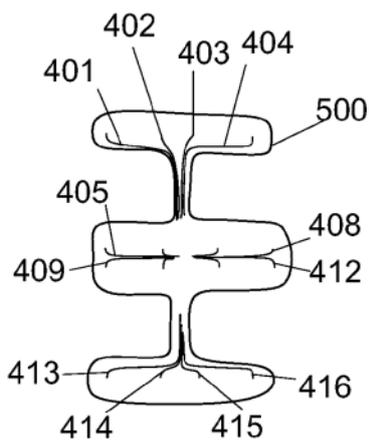


Fig. 3c

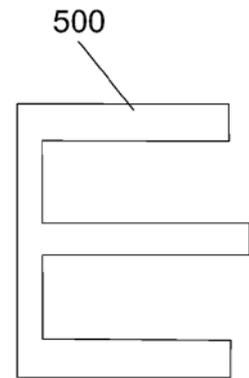
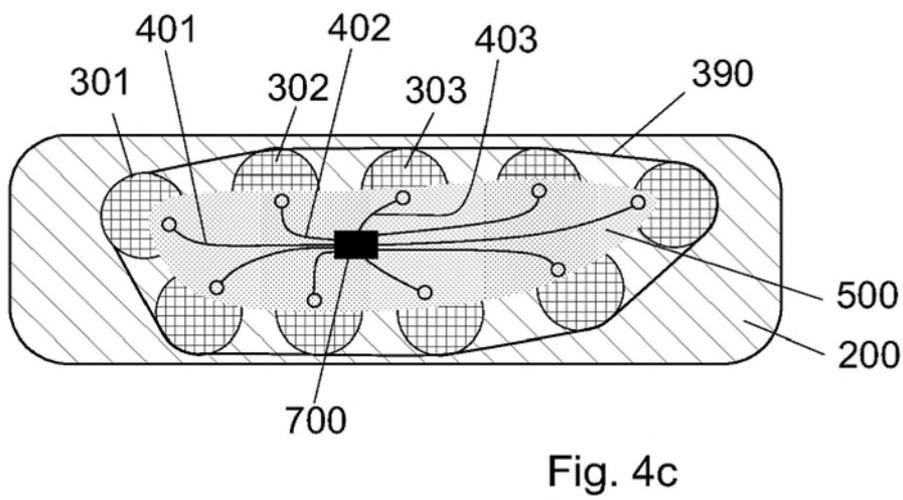
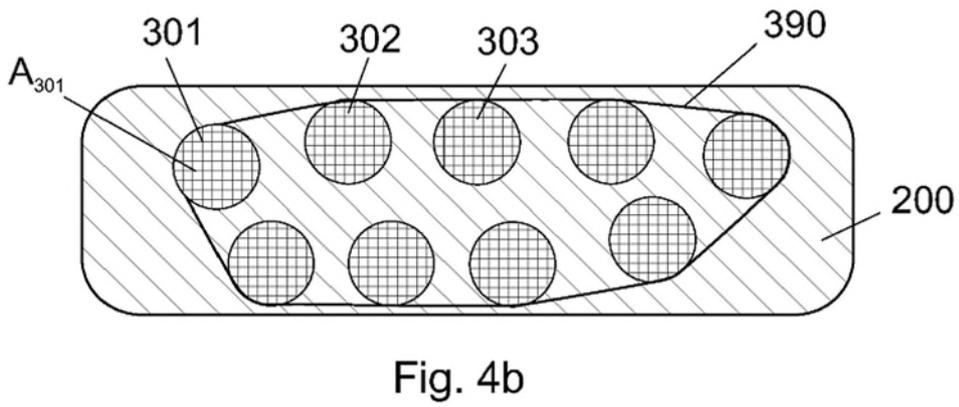
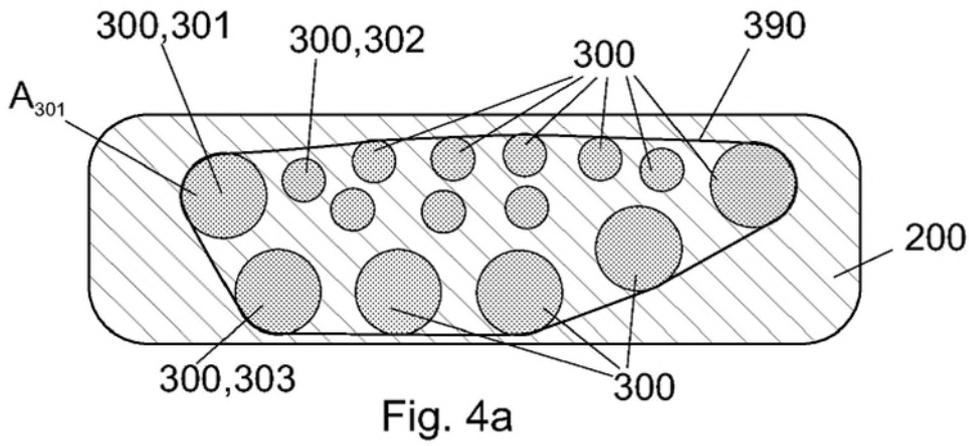


Fig. 3d



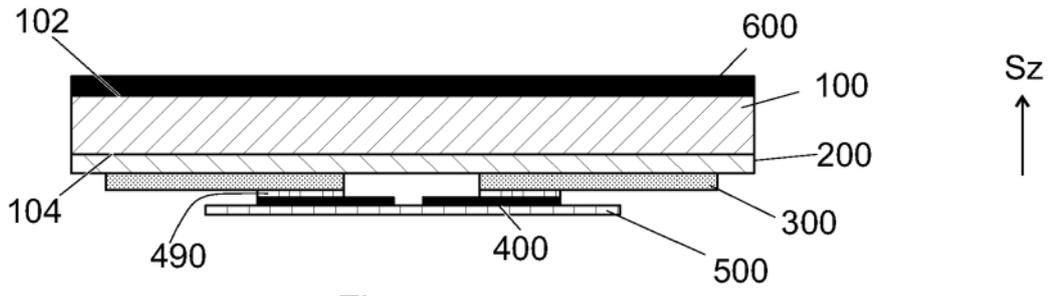


Fig. 5a

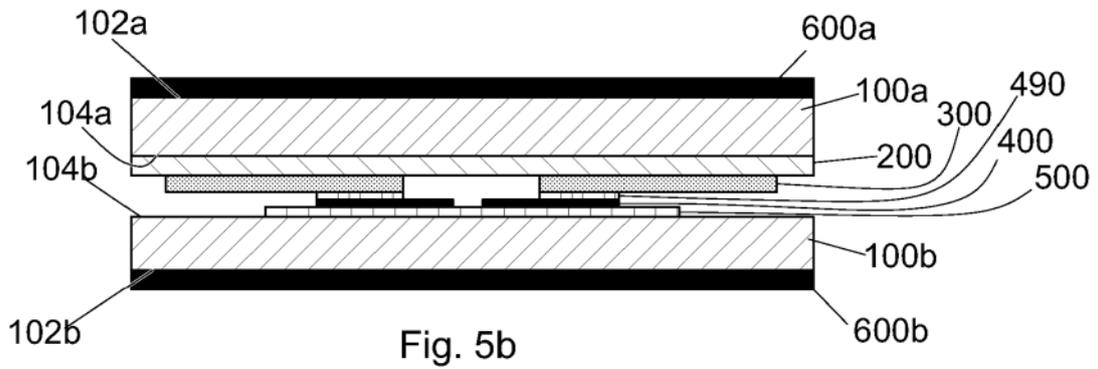


Fig. 5b

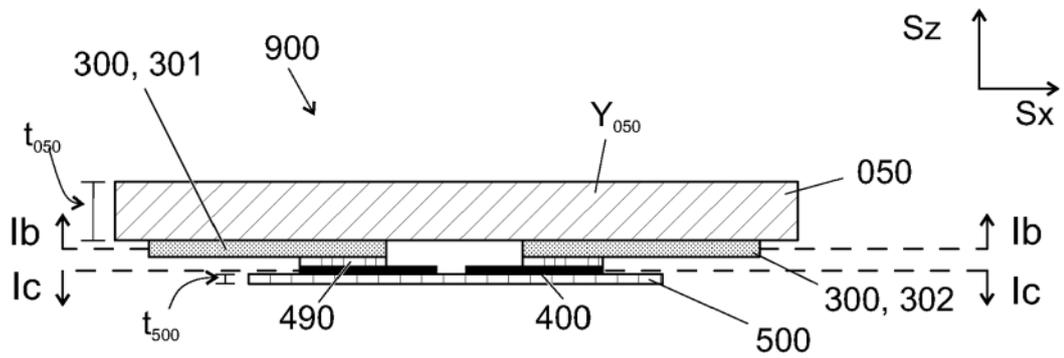


Fig. 1e

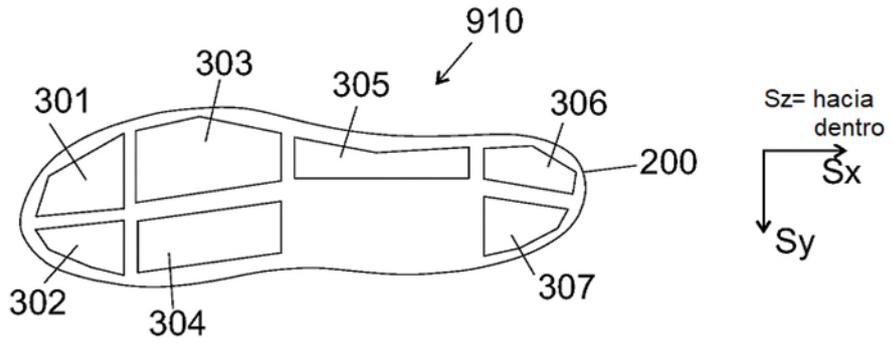


Fig. 6a

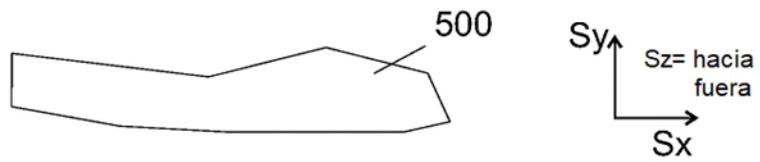


Fig. 6b

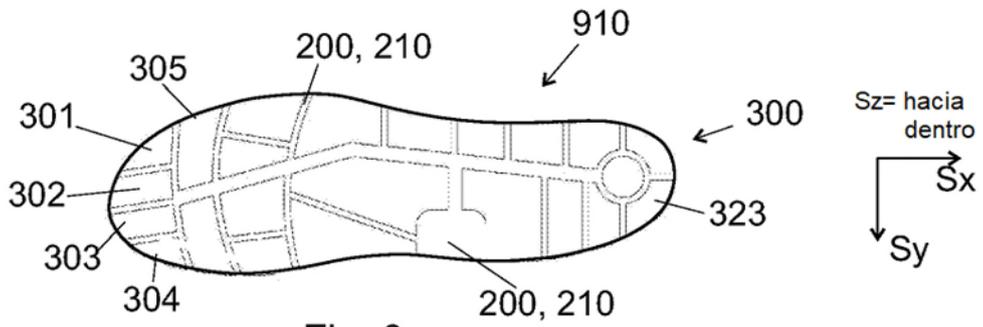


Fig. 6c

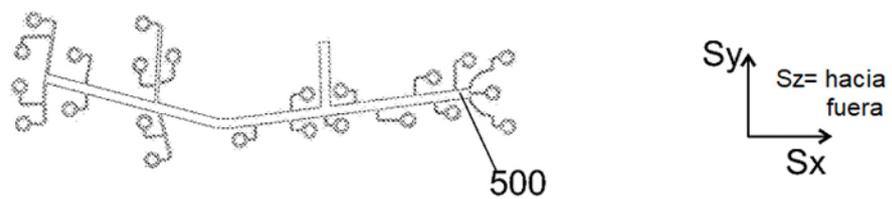


Fig. 6d

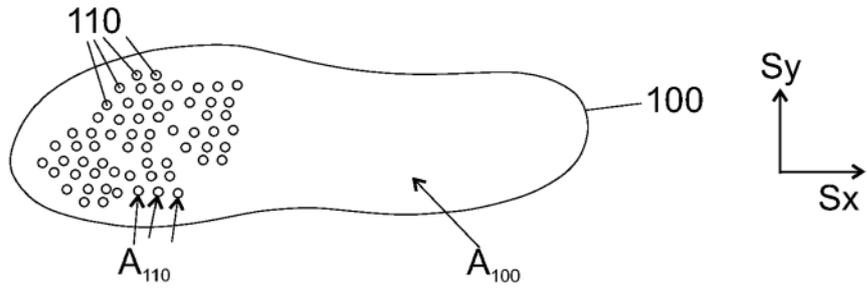


Fig. 7a

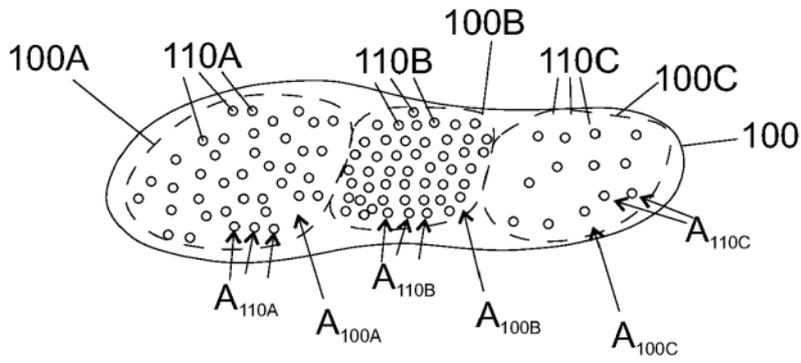


Fig. 7b

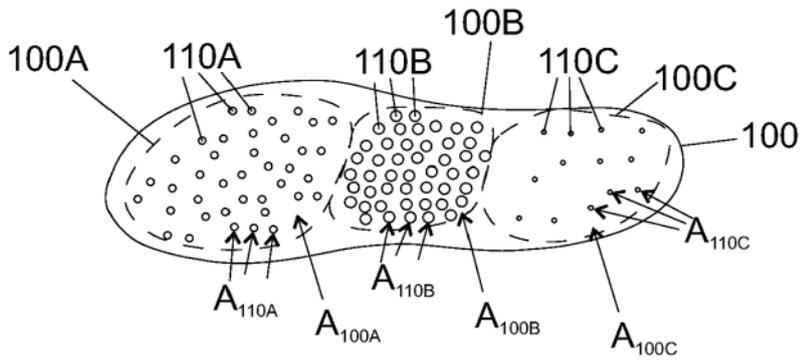


Fig. 7c

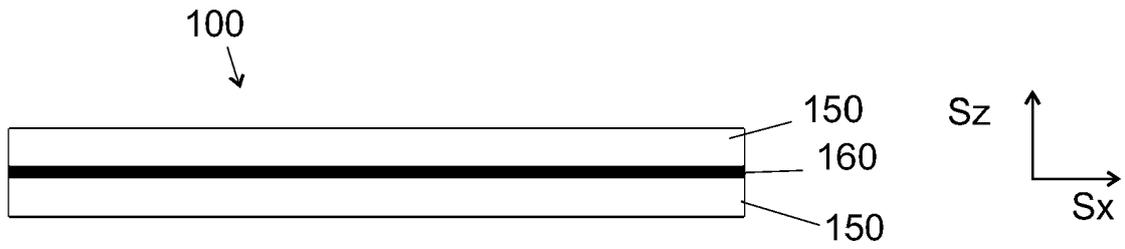


Fig. 7d

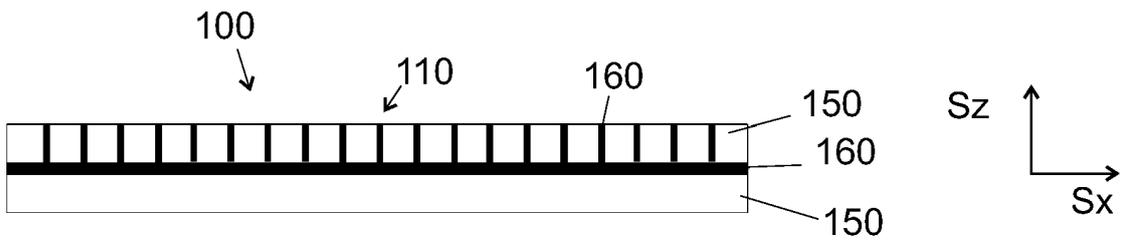


Fig. 7e

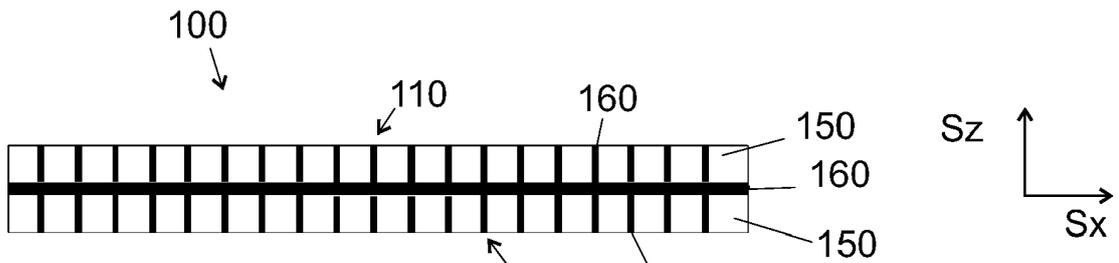


Fig. 7f

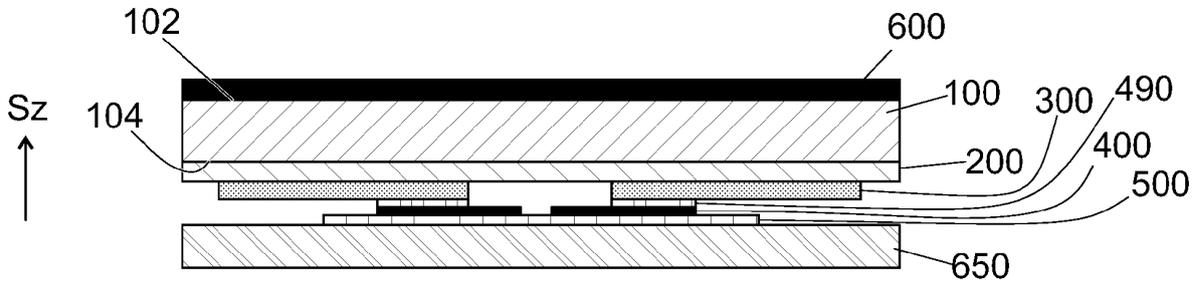


Fig. 8a

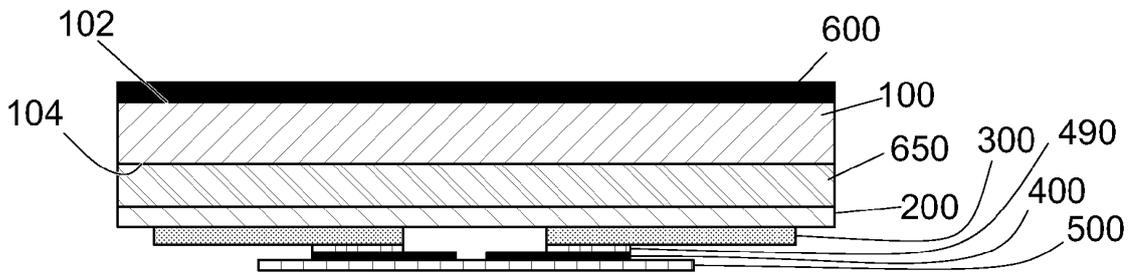


Fig. 8b

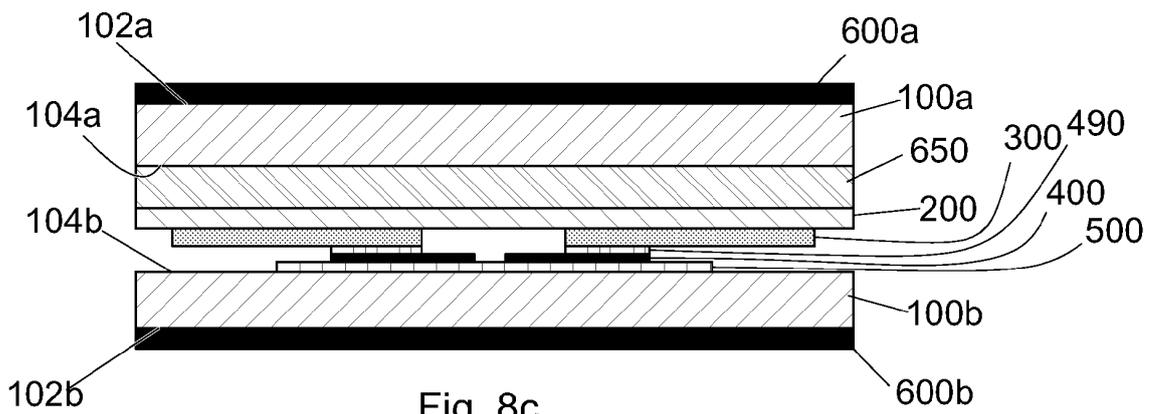


Fig. 8c