

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 304**

51 Int. Cl.:

**G06F 3/041** (2006.01)

**G06F 3/044** (2006.01)

**B82Y 30/00** (2011.01)

**B82Y 10/00** (2011.01)

**B82Y 15/00** (2011.01)

**G01L 1/18** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2013 PCT/EP2013/065857**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.01.2014 WO14016429**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2013 E 13745033 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2877911**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de una superficie táctil transparente y superficie táctil obtenida mediante dicho procedimiento**

30 Prioridad:

**27.07.2012 FR 1257340**

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

**28.02.2019**

73 Titular/es:

**NANOMADE CONCEPT (100.0%)  
42 Avenue du Général De Crouette  
31100 Toulouse, FR**

72 Inventor/es:

**SEVERAC, FABRICE;  
CHRISTOPHE, CÉLINE y  
POURCIEL-GOUZY, MARIE-LAURE**

74 Agente/Representante:

**LÓPEZ CAMBA, María Emilia**

**ES 2 702 304 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

Procedimiento para la fabricación de una superficie táctil transparente y superficie táctil obtenida mediante dicho procedimiento

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una superficie táctil transparente y una superficie táctil obtenida mediante dicho procedimiento. El procedimiento objeto de la invención está más particularmente, pero no exclusivamente, adaptado a la fabricación de una pantalla táctil, flexible o rígida, destinada concretamente a un aparato electrónico tal como un ordenador, una tableta informática o un teléfono. El procedimiento objeto de la invención está también adaptado a la producción de un cristal o de una pared transparente funcionalizada. En todo el texto, los términos "transparente" o "translúcido" se consideran equivalentes.

15 El documento US 5 915 285 describe un procedimiento para la producción de un dispositivo para medir la deformación de una superficie transparente. Este método de la técnica anterior se basa en la propiedad piezorresistiva del óxido de indio y estaño ( $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ ) o ITO, un material transparente, material que se deposita en forma de una capa fina de revestimiento sobre un sustrato que constituye la superficie a funcionalizar. Cuando dicho sustrato se deforma, la capa fina de ITO sufre esta deformación y se modifica su resistividad. De este modo, midiendo la variación de la resistividad de dicha capa, se puede detectar la deformación del sustrato. El efecto piezorresistivo de la capa de ITO es medible pero corresponde a pequeñas variaciones de resistividad. Esta variación de resistividad en función de la deformación define una ganancia, comúnmente conocida como el "factor de deformación". De este modo, el factor de deformación de un sensor de deformación basado en el efecto piezorresistivo del ITO es bajo, y una detección precisa del modo de deformación del sustrato requiere la implementación de técnicas de medida y materiales cuyo coste no es compatible con los aparatos destinados al público en general.

25 El documento WO 2012 016945 a nombre de la solicitante, describe la producción de una superficie táctil por medio de nanopartículas conductoras depositadas en forma de un conjunto de nanopartículas en suspensión coloidal sobre dicha superficie, concretamente mediante un método de depósito capilar/convectivo. La variación de conductividad del conjunto de nanopartículas bajo el efecto de una deformación, variación atribuida a la conducción por efecto túnel entre las nanopartículas del conjunto sin estar ligado a teoría alguna, permite la obtención de un factor de deformación para el sensor de deformación constituido de este modo, mucho mayor que el que es posible obtener mediante el efecto piezorresistivo. Sin embargo, la obtención de dicho sensor de deformación a partir de nanopartículas de ITO, o de otras nanopartículas transparentes disponibles en el mercado, no proporciona resultados satisfactorios. Por un lado, la conductividad eléctrica de las nanopartículas de ITO es muy baja para hacer aparecer el mecanismo de conducción por efecto túnel pretendido por este tipo de medidor. Por otro lado, las nanopartículas de ITO están disponibles en el mercado en forma de nanopulvo, en el que, el tamaño de las nanopartículas está muy disperso. La solicitante ha identificado que el factor de deformación obtenido para un sensor de deformación tal como se describe en el documento WO 2012 016945 está vinculado directamente a la homogeneidad de tamaño de las nanopartículas que contiene. Por otro lado, la introducción del nanopulvo en una fase líquida para constituir la suspensión coloidal conduce a la formación de cúmulos de nanopartículas, cúmulos que aumentan adicionalmente la dispersión de tamaño de las nanopartículas del conjunto. Finalmente, la técnica del depósito capilar/convectivo bien adaptada industrialmente, requiere, ella también, una suspensión de nanopartículas de tamaño homogéneo y suficientemente pequeñas. A modo de ejemplo, los sensores descritos en el documento WO 2012 016945 se producen a partir de nanopartículas de oro monodispersas, de un diámetro medio de 15 nm ( $15 \times 10^{-9}$  metros), estando este tipo de solución coloidal habitualmente disponible en el mercado.

50 **[Los documentos N. AL-DAHOUDI ET AL: "Wet coating deposition of ITO coatings on plastic substrates", JOURNAL OF SOL-GEL SCIENCE AND TECHNOLOGY, vol. 26, n°. 1/3, 1 de enero de 2003 (01-01-2003) y US 2011/227836 describen procedimientos para la fabricación de una superficie táctil transparente, en los que se prepara una suspensión de nanopartículas de ITO en un disolvente orgánico, y donde un aglutinante polimérico, capaz de injertarse en la superficie de las nanopartículas, se añade a la suspensión con agitación vigorosa. La suspensión obtenida se utiliza para depositar una capa de nanopartículas sobre un sustrato transparente].**

55 La invención pretende resolver los inconvenientes de la técnica anterior y se refiere, para ello, a un procedimiento para la fabricación de una superficie táctil transparente de acuerdo con la reivindicación 1.

60 De este modo, los ultrasonidos permiten romper los agregados de nanopartículas al tiempo que permiten al agente estabilizante adsorberse de manera no específica a las nanopartículas dispersadas de este modo. Al injertarse el ligando en las nanopartículas de manera covalente, es la estructura química de la molécula de ligando la que es responsable de la conducción por efecto túnel entre las nanopartículas y que permite la producción de un medidor de deformación a partir de nanopartículas débilmente conductoras. Esta unión covalente entre el ligando y la superficie de las nanopartículas, más fuerte que la unión por adsorción del agente estabilizador, permite funcionalizar la superficie de las nanopartículas en suspensión por incubación, asumiendo el ligando el lugar del agente estabilizante. De este modo, las nanopartículas, cuya modificación superficial les hace capaces de producir un efecto túnel, o cualquier otro efecto de conducción adaptado para producir un factor de deformación elevado, son

estables y están dispersas en la solución y su depósito en la superficie del sustrato puede estar controlado de acuerdo con diversos procedimientos, concretamente un procedimiento de depósito capilar/convectivo.

El término "adsorción" corresponde a la fijación de moléculas libres de una sustancia a la superficie de un cuerpo.

La invención se implementa, ventajosamente, de acuerdo con realizaciones expuestas a continuación, las cuales deben considerarse individualmente o de acuerdo con cualquier combinación técnicamente operativa.

Ventajosamente, el procedimiento objeto de la invención comprende, entre las etapas b) y c), las etapas que consisten en:

e. decantar la solución acuosa;

f. separar y retirar los agregados de nanopartículas de tamaño demasiado grande de dicha solución.

Esta variante del procedimiento permite obtener una distribución aún más homogénea de las nanopartículas en la solución acuosa.

De acuerdo con una realización ventajosa, el agente estabilizante es monolaurato de polioxietilen-sorbitán.

El ligando es de tipo capaz de la creación de uniones metal-O-P con la superficie de las nanopartículas, preferentemente un ácido (aminometil)fosfónico ( $\text{CH}_6\text{NO}_3\text{P}$ ). En efecto, el ácido fosfónico posee una muy fuerte afinidad, concretamente con las partículas de ITO, además, favorece la dispersión de las nanopartículas mejorando la estabilidad de la solución durante el depósito capilar/convectivo.

De acuerdo con un ejemplo de realización del procedimiento objeto de la invención, la suspensión coloidal obtenida en la etapa f), comprende agregados de nanopartículas cuyo diámetro está controlado. De este modo, el procedimiento objeto de la invención utiliza ventajosamente agregados de nanopartículas, pero de tamaño homogéneo, para realizar el procedimiento de manera económica, pero para obtener también un factor de deformación más elevado.

Ventajosamente, el diámetro medio de los agregados es del orden de 100 nm ( $100 \times 10^{-9}$  metros). Esta dimensión de agregado permite producir la suspensión coloidal de manera económica al tiempo que conserva la capacidad de depósito capilar/convectivo de dicha suspensión.

El procedimiento objeto de la invención comprende, antes de la etapa d), una etapa que consiste en:

g. modificar la superficie del sustrato mediante el injerto de un acoplador químico sobre dicha superficie.

De este modo, el acoplador realiza un enganche fuerte del conjunto de nanopartículas al sustrato, para permitir la implementación de etapas tecnológicas posteriores y garantizar la resistencia de este conjunto a la humedad.

De acuerdo con una variante de realización particular de la realización anterior, el acoplador químico depositado sobre la superficie del sustrato durante la etapa g) se deposita de acuerdo con un patrón geométrico definido. De este modo, el conjunto de nanopartículas depositado sobre el sustrato se estructura de acuerdo con el patrón pretendido por un simple aclarado.

El procedimiento objeto de la invención comprende, después de la etapa d), de acuerdo con la realización que consta del injerto de un acoplador a la superficie del sustrato, una etapa que consiste en:

h. crear una capa de pasivización por encima del conjunto de nanopartículas depositado en la etapa d).

De este modo, la sensibilidad del dispositivo a la humedad exterior y a estas variaciones de humedad es reducida. La capa de pasivización garantiza también el aislamiento eléctrico del conjunto de nanopartículas.

Ventajosamente, la capa de pasivización está constituida por dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ). Esta capa de pasivización, dura, permite proteger de la abrasión la superficie táctil obtenida mediante el procedimiento objeto de la invención.

Como alternativa, la capa de pasivización está constituida por nitruro de silicio ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ).

De acuerdo con una variante de realización alternativa, la capa de pasivización está constituida por una poliimida. Esta realización permite realizar una superficie táctil flexible.

Ventajosamente, el procedimiento objeto de la invención comprende, en su versión que consta del injerto de un acoplador sobre la superficie del sustrato y antes de la etapa h), una etapa que consiste en:

i. crear, sobre el conjunto de nanopartículas, una red de electrodos.

De este modo, dispositivos de conexión diferentes son aplicables sobre un mismo conjunto de nanopartículas para obtener medidas de deformaciones o de tensiones diferentes.

5 De acuerdo con una primera realización de la etapa d) del procedimiento objeto de la invención, la suspensión coloidal se deposita sobre la superficie del sustrato durante dicha etapa d) mediante un procedimiento de depósito capilar/convectivo. La industria domina perfectamente esta procedimiento y la preparación de la suspensión coloidal de acuerdo con el procedimiento objeto de la invención permite controlarlo bien para garantizar la calidad del resultado obtenido.

10 De acuerdo con una segunda realización de la etapa d) del procedimiento objeto de la invención, el depósito de la suspensión coloidal durante dicha etapa d) se realiza por inmersión del sustrato en dicha suspensión y el procedimiento comprende, después de la etapa d), una etapa que consiste en:

15 j. aclarar el sustrato con un disolvente capaz de eliminar las nanopartículas a las que no se ha enganchado el acoplador químico.

Esta realización permite alcanzar productividades elevadas.

20 De acuerdo con una tercera realización de la etapa d) del procedimiento objeto de la invención, dicha etapa d) comprende las etapas que consisten en:

di. depositar una gota de una suspensión coloidal que comprende nanopartículas sobre la superficie del sustrato;  
dii. evaporar dicha gota.

25 Esta realización presenta un compromiso entre productividad y cantidad de nanopartículas utilizadas para la realización de la etapa d). Además, esta realización es menos sensible al tamaño de las nanopartículas en la suspensión coloidal que la técnica del depósito capilar/convectivo y se muestra particularmente adaptada al depósito de dicha suspensión que comprende nanopartículas de ITO, concretamente en forma de agregados.

30 Ventajosamente, la etapa de evaporación de la gota se realiza calentando el sustrato. De este modo, el procedimiento de depósito se acelera aún más.

35 La invención también se refiere a una superficie táctil transparente, superficie que consta de un medidor de deformación que consta de un conjunto de nanopartículas, medidor que se obtiene mediante el procedimiento objeto de la invención. De este modo, dicha superficie táctil, permite medir una fuerza que le es aplicada o una deformación que le es impuesta.

40 De acuerdo con una realización de la superficie táctil objeto de la invención, esta comprende un sustrato constituido por poli(tereftalato) de etileno. Esta realización está adaptada a una superficie táctil flexible.

De acuerdo con otra realización, la superficie táctil objeto de la invención comprende un sustrato constituido por dióxido de silicio. Esta realización está adaptada a una superficie táctil rígida.

45 Ventajosamente, la superficie táctil objeto de la invención consta de una red de electrodos que comprende dos conjuntos de electrodos en peine imbricados. De este modo, para un mismo patrón de depósito del conjunto nanopartículas sobre el sustrato y un mismo número de electrodos depositados, se puede crear un mayor número de medidores elementales.

50 La invención se expone a continuación de acuerdo con sus realizaciones preferidas, en absoluto limitantes, y en referencia a las figuras 1 a 7, en las que:

55 - la figura 1 muestra un diagrama de flujo de la preparación de una solución acuosa que comprende una dispersión de nanopartículas, adaptada a un depósito capilar/convectivo, a partir de un nanopolvo, de acuerdo con el procedimiento objeto de la invención;

- la figura 2 representa un diagrama de flujo de la preparación de un sustrato y del depósito sobre dicho sustrato de un conjunto de nanopartículas de acuerdo con el procedimiento objeto de la invención;

- la figura 3 muestra, de acuerdo con una vista en perspectiva, un ejemplo de realización de una superficie táctil de acuerdo con la invención;

60 - la figura 4 es una vista en detalle, en vista desde arriba, de un sensor de la superficie táctil de la figura 3, constado dicho sensor de un conjunto de nanopartículas;

- la figura 5 muestra, de acuerdo con una vista desde arriba, un ejemplo de realización de un sensor de la superficie táctil, sensor que consta de una red de electrodos en peine;

65 - la figura 6 es un ejemplo de evolución de la resistencia de un sensor de deformación producido de acuerdo con el procedimiento objeto de la invención, en función de la deformación impuesta a dicho sensor;

- y la figura 7 es una sinopsis de un procedimiento de depósito de la suspensión coloidal sobre el sustrato por medio

de la evaporación de una gota, de acuerdo con una vista en corte.

Figura 1, de acuerdo con un ejemplo de implementación del procedimiento objeto de la invención relativo a la preparación de la dispersión acuosa, dicho procedimiento comprende una primera etapa (100) que consiste en incorporar, en una solución acuosa que comprende un agente estabilizante (160), nanopartículas (150), en forma de un nanopolvo. Dichas nanopartículas están constituidas por un material transparente o translúcido. A modo de ejemplos no limitantes, dichas partículas están constituidas por óxido de zinc (ZnO) o por óxido de indio dopado con estaño ( $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ ), o ITO. El nanopolvo comprende agregados (151) de nanopartículas. De acuerdo con un ejemplo de realización, el agente estabilizante es monolaurato de polioxietilen-sorbitán, disponible con la denominación comercial "Tween-20". Durante una etapa (110) de homogeneización, la solución acuosa en la que se ha incorporado el nanopolvo durante la etapa anterior (100), se somete a una agitación por ultrasonidos, a una potencia suficiente para romper los agregados de nanopartículas, permitiendo de este modo a las moléculas (160) del agente de estabilización adsorberse de manera no específica a las nanopartículas dispersadas de este modo. Una fase opcional (115) de decantación permite separar de la sedimentación, los agregados cuyo tamaño es demasiado grande. De este modo, la solución acuosa comprende una dispersión de agregados de nanopartículas de tamaño homogéneo del orden de 100 nm ( $100 \times 10^{-9}$  metros). Durante una etapa (120) de funcionalización, un ligando se mezcla con la solución acuosa que se incubaba durante un tiempo del orden de 12 horas a temperatura ambiente, ajustándose estos parámetros de acuerdo con la naturaleza del ligando. De acuerdo con una realización preferida, el ligando es un ácido (aminometil)fosfónico. En estas condiciones, el ligando (170), en fuerte interacción con las nanopartículas (150), se injerta a estas de manera covalente, asumiendo el lugar de las moléculas del agente estabilizador (160) que solamente está unido por adsorción a dichas nanopartículas. El agente estabilizador se elimina de la solución acuosa durante una etapa (125) de aclarado, que consiste en una serie de aclarados con agua. La solución acuosa está lista, de este modo, para ser depositada mediante depósito capilar/convectivo o mediante otros métodos.

Figura 2, paralelamente a la preparación de la solución acuosa para el depósito, se prepara la superficie del sustrato destinada a recibir el depósito del conjunto de nanopartículas. Durante una etapa de injerto (210), un acoplador (260) se injerta en la superficie del sustrato (200). Dicho sustrato está constituido por un material transparente o translúcido. A modo de ejemplo no limitante, el sustrato está constituido por poli(tereftalato) de etileno, o PET, para constituir una superficie táctil flexible. De acuerdo con otro ejemplo de realización, el sustrato (200) está constituido por dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), para constituir una superficie táctil rígida. De acuerdo con aún otro ejemplo de realización, el sustrato flexible está pegado a un soporte rígido. El acoplador (260) consiste en una molécula compuesta por una cadena de unión (263), por ejemplo una cadena carbonada, y por dos funciones químicas distintas (261, 262) en los extremos de la cadena de unión. Una de las dos funciones químicas sirve para injertar el acoplador (260) sobre la superficie del sustrato (200), la otra para injertar dicho acoplador sobre la superficie de las nanopartículas.

A modo de ejemplo no limitante, el acoplador químico para un sustrato de  $\text{SiO}_2$  o PET es un silano ( $\text{SiH}_4$ ), capaz de interactuar con grupos OH de la superficie del sustrato previamente activado por un tratamiento con UV-Ozono y que consta, en el otro extremo (261) del acoplador, de un grupo carboxílico ( $\text{COOH}$ ) capaz de injertarse sobre un grupo amino ( $\text{NH}_2$ ) previamente injertado en la superficie de las nanopartículas.

La operación de injerto (210) de dicho acoplador (260) en la superficie del sustrato, se realiza, por ejemplo, por inmersión. De acuerdo con una realización particular, el acoplador se injerta en la superficie del sustrato, mediante un procedimiento de microimpresión tal como litografía suave, para depositar dicho acoplador de acuerdo con un patrón definido.

Durante una etapa de depósito (220), el conjunto de nanopartículas (150) en suspensión coloidal se deposita sobre la superficie del sustrato injertada por el acoplador. De acuerdo con un ejemplo de realización, el depósito se realiza mediante una técnica de depósito capilar/convectivo de acuerdo con un patrón geométrico determinado, por ejemplo en forma de fibras de nanopartículas (250). De acuerdo con una realización del procedimiento objeto de la invención, este patrón se obtiene mediante el control de los parámetros de depósito convectivo. De acuerdo con otra realización, el patrón de depósito del conjunto de nanopartículas es la reproducción del patrón de injerto del acoplador. En efecto, el acoplador pega de manera irreversible las nanopartículas sobre la superficie del sustrato. De este modo, por inmersión del sustrato en la suspensión coloidal, las nanopartículas se pegan de acuerdo con el patrón que corresponde al patrón de microimpresión del acoplador sobre la superficie del sustrato. Las nanopartículas que se encuentran fuera de los patrones del acoplador se eliminan de la superficie por aclarado. De este modo, esta realización permite la obtención de un conjunto de nanopartículas, organizado de acuerdo con un patrón, mediante un procedimiento de depósito de dicho conjunto por inmersión.

Figura 7, de acuerdo con otra realización, el conjunto de nanopartículas se deposita en suspensión coloidal en la superficie del sustrato en forma de una gota. De este modo, de acuerdo con una primera etapa (710) de este procedimiento, una gota (750) que comprende nanopartículas (150) en suspensión coloidal se deposita en la superficie del sustrato (200), superficie en la que se ha injertado previamente un acoplador (260) químico. Debido a la afinidad química de las nanopartículas con el acoplador químico, naturalmente, de acuerdo con una segunda etapa (720) de este procedimiento, una monocapa (751) de nanopartículas se injerta sobre los acopladores químicos

en la superficie del sustrato. Durante una etapa de evaporación (730), la evaporación de la gota por su centro genera un movimiento de los bordes de dicha gota hacia su centro, provocando un depósito de nanopartículas. Este depósito se organiza (752) sobre la primera monocapa (751) que sigue unida al sustrato por el acoplador químico. Esta técnica permite realizar depósitos de estructura comparable a la que es posible obtener mediante depósito capilar/convectivo al tiempo que se beneficia de una productividad más elevada, permite también reducir la cantidad de nanopartículas depositadas en suspensión para un mismo resultado, utilizándose todas las nanopartículas (150) contenidas en la gota (750). De este modo, el tiempo de depósito se reduce a varios minutos frente a varias horas de acuerdo con el procedimiento de depósito capilar/convectivo de la técnica anterior y la cantidad de nanopartículas utilizada se reduce en un factor 10, con funcionalidad equivalente, en comparación con técnicas de depósito de la técnica anterior. Este procedimiento es, por otro lado, compatible con los procedimientos de microimpresión existentes. Además, este procedimiento de depósito es mucho menos sensible al tamaño de las nanopartículas y se muestra particularmente adaptado para el depósito de una suspensión coloidal que comprende agregados de nanopartículas. De acuerdo con un ejemplo de realización (no representado), se utilizan medios adaptados para calentar el sustrato (200) después de que la gota (750) se haya depositado sobre dicho sustrato para acelerar la evaporación de dicha gota (750).

Volviendo a la figura 2, durante una etapa (230) de creación del circuito, se producen electrodos (270), para la conexión eléctrica del conjunto de nanopartículas, mediante técnicas de litografía. A modo de ejemplo, los electrodos transparentes están constituidos por un depósito de ITO, depositado por fotolitografía o por litografía suave.

Durante una etapa (240) de pasivización, se deposita una capa (280) de pasivización sobre el conjunto. Esta capa transparente, de naturaleza orgánica o cerámica, protege al conjunto de nanopartículas y al dispositivo que implementa este conjunto de nanopartículas de las agresiones externas. Dicha capa (280) de pasivización está dimensionada de acuerdo con el material que la constituye, de modo que permite la transmisión de las tensiones mecánicas al conjunto de nanopartículas. A modo de ejemplos no limitantes, la capa de pasivización está constituida por una poliimida, por dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) o por nitruro de silicio ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ).

Figura 3, de acuerdo con un ejemplo de realización, la superficie táctil (300) objeto de la invención consta de una pluralidad de sensores (310) que consisten en una pluralidad de conjuntos de nanopartículas conectados por electrodos de acuerdo con un patrón definido. Cada sensor se obtiene mediante el procedimiento objeto de la invención y constituye un conjunto de medidores de deformación elementales capaces de medir la intensidad y la orientación de una fuerza aplicada sobre dicho sensor.

Figura 4, de acuerdo con el ejemplo de realización de la superficie táctil de la figura 3, cada sensor (310) comprende un conjunto de nanopartículas (150) organizadas de acuerdo con un patrón definido, por ejemplo fibras de nanopartículas, conectado por electrodos (471, 472). El patrón de disposición de las nanopartículas en el conjunto y el patrón de conexión de estas disposiciones por los electrodos (471, 472) cooperan para determinar la sensibilidad de cada sensor a cada componente del diagrama de fuerzas que se le aplica.

Figura 5, de acuerdo con un ejemplo de realización de la superficie táctil objeto de la invención, los electrodos de un sensor (310) de dicha superficie táctil se organizan de acuerdo con una red de electrodos (571, 572) en peines imbricados, llamados interdigitados. Esta realización permite, para una misma funcionalidad de medida y una misma cantidad de nanopartículas depositada sobre el sustrato, producir un dispositivo más compacto. De este modo, de acuerdo con este ejemplo de realización, cada diente (5710) de un peine (571) yuxtapuesto a un diente (5720) del otro peine (572) define entre dichos dientes un medidor elemental. Dicho medidor elemental es el sitio de una conducción eléctrica por efecto túnel entre las nanopartículas del conjunto situadas entre los electrodos que delimitan dicho medidor. Este fenómeno de conducción por efecto túnel está en función de la naturaleza química del ligando, y cuando la unión entre ligando y la superficie de las nanopartículas es de naturaleza covalente, como por ejemplo una unión metal-O-P en el caso de un ligando a base de ácido fosfónico con nanopartículas de ITO, entonces, la longitud de la molécula de ligando tiene poca influencia sobre la conducción por efecto túnel entre las nanopartículas.

Figura 6, utilización de la variación de la conducción por efecto túnel permite la producción de un medidor de deformación muy sensible. A modo de ejemplo, el trazado (630) de la variación proporcional ( $\Delta R/R_0$ ) de la resistencia (610) de un medidor elemental constituido por un conjunto de nanopartículas de ITO injertadas por un ligando a base de ácido fosfónico y obtenido por el procedimiento objeto de la invención, hace aparecer una evolución exponencial de la respuesta en función de deformación (620) experimentada por dicho medidor elemental. De acuerdo con este ejemplo de realización, el factor de deformación alcanza el valor de 85 en el intervalo de deformación explorado: del -1 %, en compresión, al 1 % de deformación en tracción para una resistencia  $R_0$  de  $2430 \times 10^3$  Ohm en ausencia de deformación.

La descripción anterior y los ejemplos de realización muestran que la invención alcanza los objetivos previstos. En particular, el procedimiento objeto de la invención permite la creación de una superficie táctil transparente de manera económica mediante el empleo de nanopartículas transparentes, concretamente de ITO, y de un ligando específico para obtener medidores elementales muy sensibles. La utilización de un acoplador químico permite depositar dicho medidor elemental sobre cualquier tipo de superficie, dura o flexible, y proteger a este depósito mediante una capa

de pasivización. Se pueden implementar otras variantes no representadas, concretamente, los electrodos se pueden depositar bajo el conjunto de nanopartículas, entre dicho conjunto y el sustrato.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la fabricación de una superficie táctil transparente, que consta de las etapas que consisten en:
- 5 a. incorporar (100) nanopartículas (150) de ITO en una solución acuosa que comprende un agente estabilizante (160);
- b. someter (110) a dicha solución acuosa que comprende las nanopartículas a ultrasonidos;
- 10 c. incubar (120) las nanopartículas en suspensión acuosa con un ligando capaz de injertarse en la superficie de dichas nanopartículas mediante una unión covalente de tipo metal-O-P con la superficie de las nanopartículas;
- d. depositar (220) las nanopartículas cuya superficie es modificada por el ligando durante la etapa c) en forma de una suspensión coloidal sobre el sustrato (200) transparente;
- caracterizado porque** comprende, antes de la etapa d), una etapa que consiste en:
- 15 g. modificar la superficie de un sustrato (200) transparente mediante el injerto de un acoplador (260) químico sobre dicha superficie;
- y **porque** comprende, después de la etapa d), una etapa que consiste en:
- h. crear, por encima del conjunto de nanopartículas depositado en la etapa d), una capa (280) de pasivización.
- 20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende, entre las etapas b) y c), las etapas que consisten en:
- e. decantar (115) la suspensión acuosa;
- f. separar y retirar los agregados (151) de nanopartículas de tamaño demasiado grande de dicha suspensión.
- 25 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el agente estabilizante es monolaurato de polioxietilen-sorbitán.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el ligando es un ácido (aminometil)fosfónico.
- 30 5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la suspensión coloidal obtenida en la etapa f) comprende agregados de nanopartículas de diámetro controlado.
- 35 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** el diámetro medio de los agregados es del orden de 100 nm ( $100 \times 10^{-9}$  metros).
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el acoplador (260) químico depositado sobre la superficie del sustrato (200) durante la etapa g) se deposita de acuerdo con un patrón geométrico definido.
- 40 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la capa (280) de pasivización está constituida por dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).
- 45 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la capa (280) de pasivización está constituida por nitruro de silicio ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ).
10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la capa (280) de pasivización está constituida por una poliimida
- 50 11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** comprende, antes de la etapa h), una etapa que consiste en:
- i. crear (230), sobre el conjunto de nanopartículas, una red de electrodos (271, 272)
- 55 12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la suspensión coloidal se deposita sobre la superficie del sustrato durante la etapa d) mediante un procedimiento de depósito capilar/convectivo.
- 60 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** el depósito de la suspensión coloidal durante la etapa d) se realiza por inmersión del sustrato en dicha suspensión y porque comprende, después de la etapa d), una etapa que consiste en:
- j. aclarar el sustrato (200) con un disolvente capaz de eliminar las nanopartículas a las que no se ha enganchado el acoplador (260) químico.
- 65 14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** la etapa d) comprende las etapas que consisten en:
- di. depositar (710) una gota (750) de una suspensión coloidal que comprende nanopartículas (150) sobre la superficie del sustrato (200);

dii. evaporar (730) dicha gota (750).

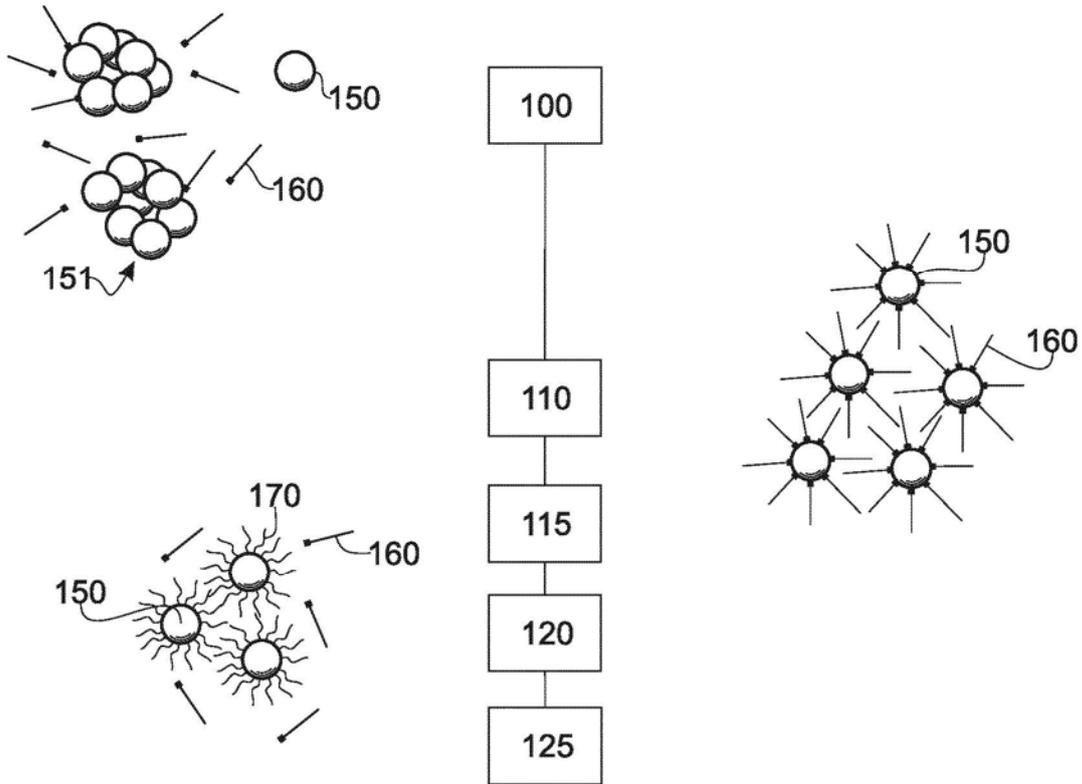
15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 14, **caracterizado porque** la etapa (730) de evaporación se realiza calentando el sustrato (200).

5 16. Superficie táctil (300) transparente, **caracterizada porque** consta de un medidor (310) de deformación que consta de un conjunto de nanopartículas, obtenido mediante el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

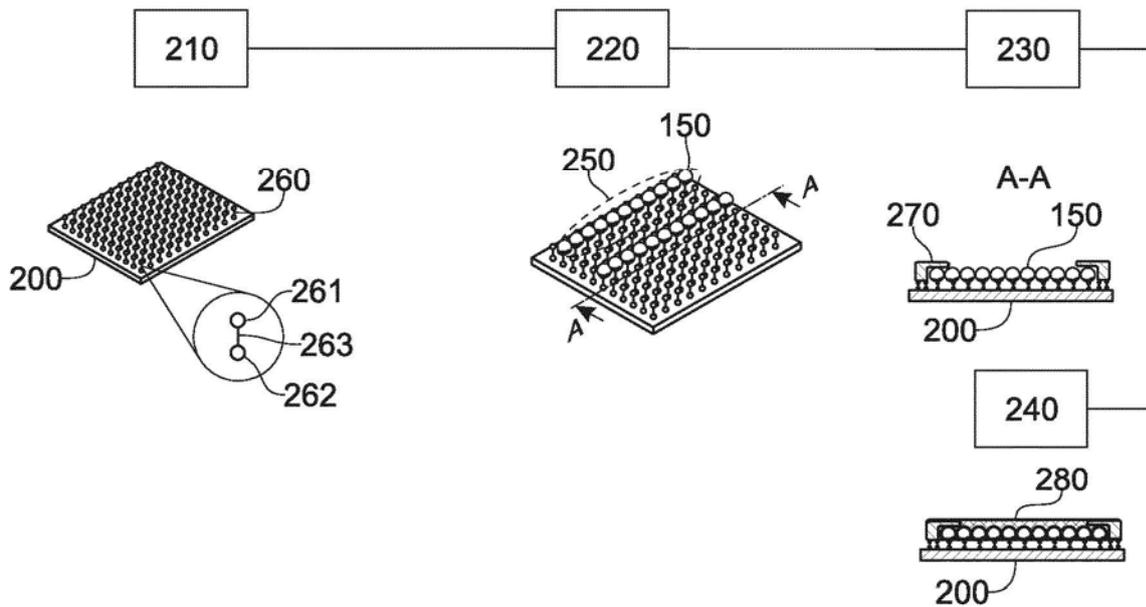
10 17. Superficie táctil (300) de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizada porque** comprende un sustrato constituido por poli(tereftalato) de etileno.

18. Superficie táctil (300) de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizada porque** comprende un sustrato constituido por dióxido de silicio.

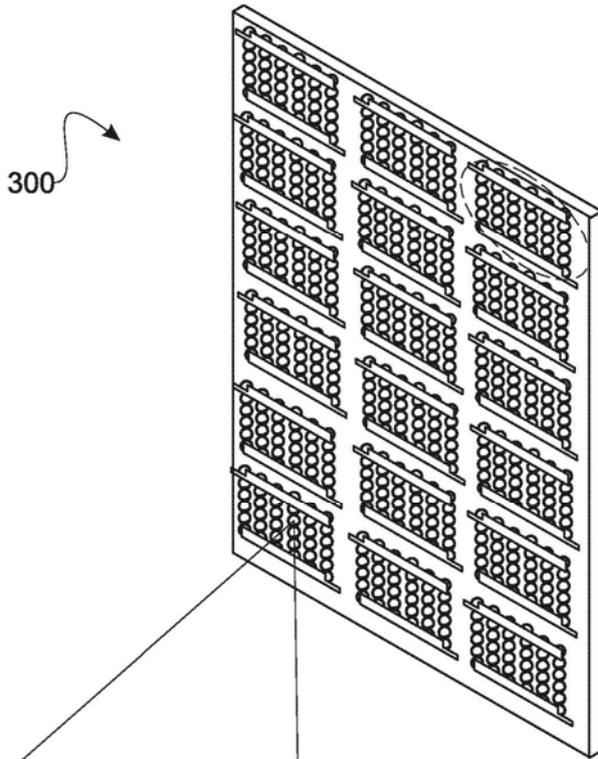
15 19. Superficie táctil de acuerdo con la reivindicación 16, obtenida mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizada porque** el medidor consta de una red de electrodos que comprende dos conjuntos de electrodos (571, 572) en peine, cuyos dientes (5710, 5720) están imbricados.



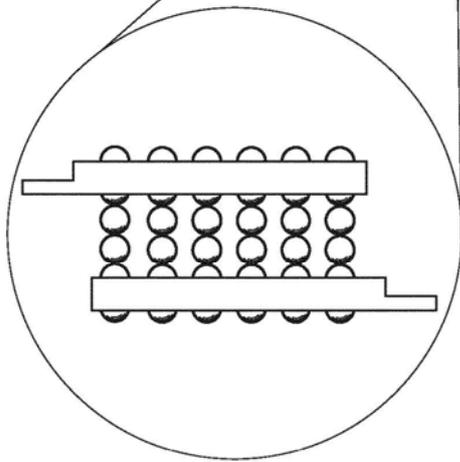
**Fig. 1**



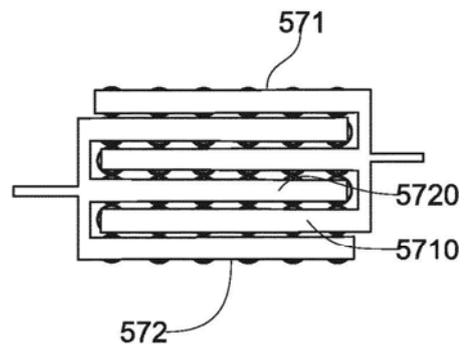
**Fig. 2**



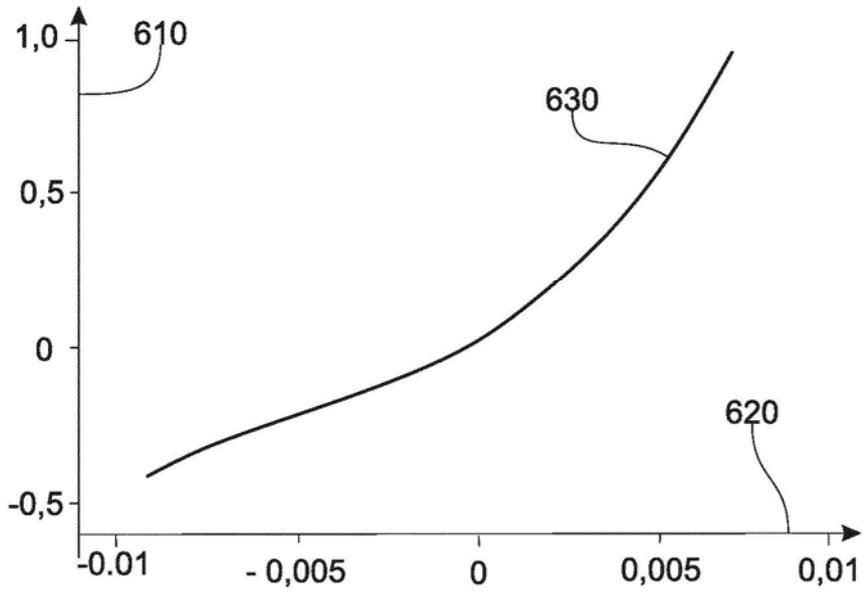
**Fig. 3**



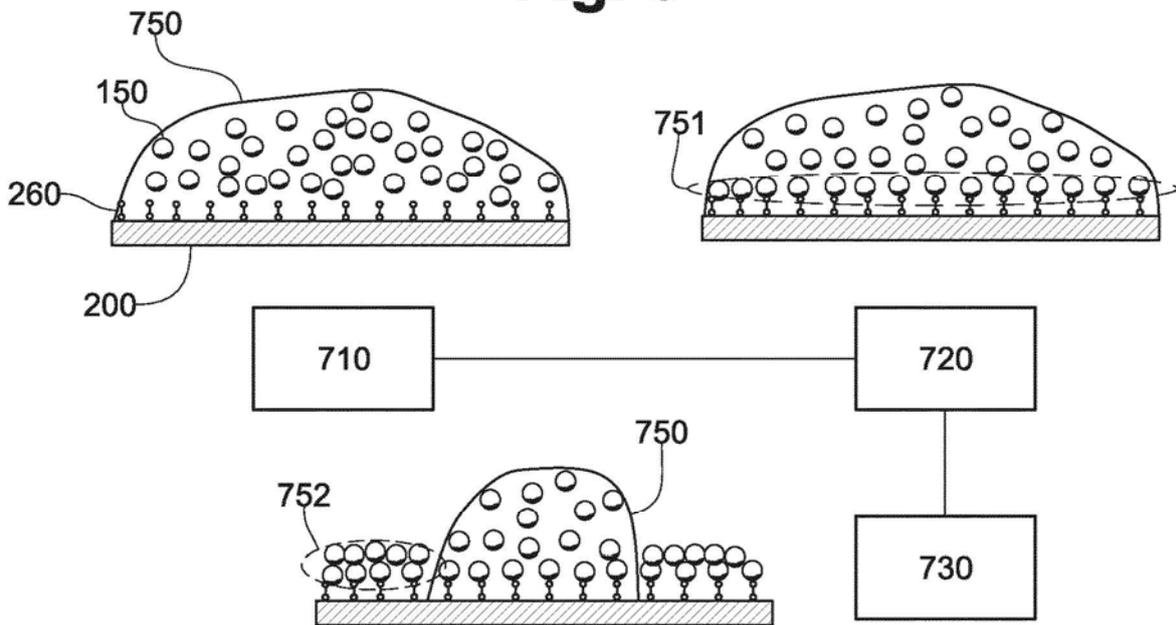
**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**