

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 837 109**

51 Int. Cl.:

A61L 27/08 (2006.01)
A61L 27/34 (2006.01)
A61L 27/50 (2006.01)
A61L 31/02 (2006.01)
A61L 31/10 (2006.01)
A61L 31/14 (2006.01)
A61F 9/00 (2006.01)
A61N 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2016** **PCT/EP2016/054964**
87 Fecha y número de publicación internacional: **15.09.2016** **WO16142401**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2016** **E 16709027 (3)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2020** **EP 3268057**

54 Título: **Método de formación de un dispositivo médico que comprende grafeno**

30 Prioridad:

09.03.2015 EP 15305351

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.06.2021

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (50.0%)
3, rue Michel Ange
75794 Paris Cedex 16, FR y
UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES (50.0%)**

72 Inventor/es:

**KALITA, DIPANKAR;
BOUCHIAT, VINCENT;
MARTY, LAETITIA y
BENDIAB, NEDJMA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 837 109 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

Método de formación de un dispositivo médico que comprende grafeno

Campo

- 5 La presente descripción se refiere al campo de los dispositivos médicos que comprenden una capa conductora y a un método para formar dicho dispositivo médico.

Antecedentes

Determinados tipos de dispositivos médicos están diseñados para formar una interfaz conductora con un cuerpo humano o animal.

- 10 Por ejemplo, determinados tipos de parches médicos pueden comprender una capa conductora sostenida contra la piel de un ser humano o animal, y un cable para monitorizar una señal eléctrica en la capa conductora.

Como otro ejemplo, se puede colocar un elemento oftálmico en la superficie del ojo de un ser humano o animal y usar una capa conductora para proteger el ojo o monitorizar determinadas propiedades del ojo.

Como otro ejemplo más, un implante médico es un elemento similar a una aguja que se puede insertar en el tejido de un cuerpo humano o animal y comprende una parte conductora de la electricidad que permite monitorizar señales eléctricas.

- 15 El documento WO 2015/020610 describe un método para formar un dispositivo médico, comprendiendo el método: formar una película de grafeno sobre un sustrato; depositar un material polimérico que cubre una superficie de la película de grafeno; y retirar el sustrato de la película de grafeno, en donde el material polimérico forma un soporte para la película de grafeno.

- 20 El documento CN 102 920 452 describe un electrodo para cardiomiografía que comprende una película de grafeno recubierta con parileno. El grafeno se utiliza como electrodo en cardiomiografía.

Además, normalmente se utilizan adhesivos para fijar los electrodos a la piel.

La patente europea EP 2 747 158 describe un electrodo en forma de aguja implantable, que comprende un núcleo polimérico recubierto de grafeno.

- 25 PATRICIA DURÁN OSPINA ET AL: "A Review in Innovation in Ocular Prostheses and Visual Implants: New Biomaterials and Neuro-Implants is the Challenge for the Visual Care", JOURNAL OF OCULAR DISEASES AND THERAPEUTICS, vol. 2, 3 de julio de 2014 (03/07/2014), páginas 9-16, describe el uso de grafeno en la fabricación de elementos oftálmicos.

- 30 Dichos dispositivos médicos deberían comprender generalmente una parte conductora con buena conductividad eléctrica y ser capaces de mantener un estrecho contacto eléctrico con la piel o tejido del cuerpo humano o animal. Sin embargo, los dispositivos existentes tienden a no poder satisfacer lo suficiente estas dos necesidades a la vez. Asimismo, dichos dispositivos médicos utilizan a menudo capas metálicas que son susceptibles a oxidarse.

Compendio

Un objetivo de las realizaciones de la presente descripción es abordar al menos parcialmente una o más necesidades de la técnica anterior.

- 35 Según un aspecto, se proporciona un método para formar un dispositivo médico que comprende una película conductora de grafeno, comprendiendo el método: formar una película de grafeno (100) sobre un sustrato (204); depositar, por deposición en fase gaseosa, un material polimérico que cubre una superficie de la película de grafeno (100); retirar el sustrato (204) de la película de grafeno (100), en donde el material polimérico forma un soporte (102) para la película de grafeno (100).

- 40 Según una realización, el material polimérico comprende un polímero de la familia del n-xilileno y, por ejemplo, comprende parileno.

Según una realización, la retirada del sustrato de la película de grafeno se realiza mediante un proceso de deslaminación electroquímica.

- 45 Según una realización, el método es para formar un parche médico conductor, comprendiendo además el método: proporcionar una banda adhesiva que cubre el soporte polimérico y adecuada para sostener la película de grafeno en contacto con un cuerpo; y acoplar eléctricamente un contacto de cable a la película de grafeno.

Según una realización, el acoplamiento eléctrico del contacto de cable a la película de grafeno comprende, antes de depositar el material polimérico, formar el contacto de cable sobre la superficie de la película de grafeno, en donde depositar el material polimérico comprende recubrir el contacto de cable con el material polimérico.

Según una realización, el método comprende además formar un parche de electrodo conductor del parche médico conductor y un circuito de suministro de corriente, estando el circuito de suministro de corriente adaptado para aplicar una corriente entre la película de grafeno y el parche de electrodo conductor, en donde la banda adhesiva también es adecuada para sostener el parche de electrodo conductor en contacto con el cuerpo.

- 5 Según una realización, el parche médico conductor es un apósito hidrocoloidal transparente, formando la película de grafeno una superficie externa para entrar en contacto con una herida, y siendo el material polimérico una capa porosa colocada entre la película de grafeno y una almohadilla formada por un hidrocoloide.

Según una realización, el método es para formar un elemento oftálmico, sobre cuyo sustrato se forma la película de grafeno con una superficie curva que tiene una forma compatible con la superficie de un ojo.

- 10 Según una realización, una superficie del sustrato sobre el que se forma la película de grafeno comprende un patrón de materiales primero y segundo, soportando el primer material y no el segundo material la formación de grafeno, comprendiendo el método formar selectivamente dicha película de grafeno sobre dicho primer material y no sobre dicho segundo material.

- 15 Según una realización, el método es para formar un implante, en donde el sustrato sobre el que se forma la película de grafeno es un molde que tiene una superficie interior que tiene la forma del implante, y en donde después de que la película de grafeno se haya depositado sobre la superficie interior del molde, el molde se llena con el material polimérico para formar un núcleo polimérico del implante que soporta la película de grafeno.

Según una realización, una parte del molde no se retira de manera que permanece en contacto con la película de grafeno y forma un electrodo del implante.

- 20 Según una realización, el material polimérico se deposita sobre la película de grafeno en una capa de entre 5 y 40 nm de grosor.

Según otro aspecto, se proporciona un parche médico conductor como se define en la reivindicación 12.

- 25 Según una realización, la película de grafeno puede entrar en contacto con un cuerpo al que se va a aplicar el parche, comprendiendo el parche conductor además una capa adhesiva para sostener la película de grafeno en contacto con el cuerpo, en donde la capa adhesiva se puede retirar del cuerpo dejando al menos parte de la película de grafeno en su lugar.

Según una realización, el material polimérico comprende ácido hialurónico.

- 30 Según una realización, el parche médico conductor es un apósito hidrocoloidal, formando la película de grafeno una superficie externa para entrar en contacto con una herida, y siendo el material polimérico una capa porosa colocada entre la película de grafeno y una almohadilla formada por un hidrocoloide.

Según otro aspecto, se proporciona un aparato de tratamiento de heridas que comprende: el parche médico conductor anterior para colocarse sobre la herida; un parche conductor adicional; y un módulo de aplicación de tensión adaptado para aplicar impulsos de tensión entre el parche médico conductor y el parche conductor adicional.

- 35 Según otro aspecto no reivindicado, se proporciona un elemento oftálmico que comprende: una placa curva formada por una película de grafeno cubierta por una capa exterior de material polimérico.

Según otro aspecto no reivindicado, se proporciona un dispositivo de protección ocular que comprende el elemento oftálmico anterior, en donde la película de grafeno forma una capa continua a través del elemento.

Según otro aspecto, se proporciona un implante como se define en la reivindicación 12.

Breve descripción de los dibujos

- 40 Las características y ventajas anteriores y otras distintas se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones, que se facilita a modo de ilustración y no de limitación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es una vista transversal de un dispositivo de grafeno según una realización ilustrativa de la presente descripción;

- 45 la Figura 2 ilustra esquemáticamente un aparato para formar un dispositivo de grafeno según una realización ilustrativa de la presente descripción;

las Figuras 3A a 3C son vistas transversales de la formación de un dispositivo de grafeno según una realización de la presente descripción;

- 50 la Figura 4A ilustra un elemento oftálmico que comprende grafeno según una realización descrita de la presente descripción;

la Figura 4B es una vista desde abajo del elemento oftálmico de la Figura 4A según una realización descrita;

la Figura 4C es una vista transversal del elemento oftálmico de la Figura 4A según una realización descrita;

la Figura 4D ilustra una etapa de procesamiento para formar el elemento oftálmico de la Figura 4A según una realización descrita;

5 las Figuras 5A y 5B son vistas transversales de un implante médico que comprende grafeno según una realización ilustrativa de la presente descripción;

las Figuras 5C y 5D son vistas transversales que muestran etapas de un método para formar el implante de las Figuras 5A y 5B según una realización ilustrativa;

10 la Figura 6A es una vista transversal de un parche médico que comprende una película de grafeno según otra realización de la presente descripción;

la Figura 6B es una vista en planta de una película de grafeno y un electrodo de contacto según una realización ilustrativa de la presente descripción;

la Figura 7A es una vista transversal de un aparato de tratamiento de heridas que comprende el parche médico de la Figura 6A según una realización ilustrativa;

15 la Figura 7B es una vista transversal de un parche médico que tiene un apósito para heridas y un electrodo de contacto según una realización ilustrativa;

la Figura 7C ilustra una vista del parche médico de la Figura 7B tomada en un plano A-A de la Figura 7B;

la Figura 8 es un diagrama de tiempos que ilustra una señal de tensión aplicada por el aparato de la Figura 7A según una realización ilustrativa; y

20 la Figura 9 ilustra la retirada del parche de las Figuras 6 y 7 según una realización ilustrativa;

la Figura 10 es una vista transversal de un apósito para heridas transparente según una realización ilustrativa; y

la Figura 11 es una vista transversal de un apósito hidrocoloidal según una realización ilustrativa.

Para facilitar la ilustración, las diversas figuras no están dibujadas a escala.

Descripción detallada

25 El grafeno es una sustancia compuesta por átomos de carbono que forman una red cristalina de un átomo de grosor. Se han propuesto diversas aplicaciones para el grafeno, incluido su uso en transistores de radiofrecuencia y para formar electrodos transparentes altamente conductores y flexibles, tal como para pantallas. Es de particular beneficio en aplicaciones donde se desean conductores de alta movilidad. La mayoría de las aplicaciones de grafeno requieren una capa de grafeno con tamaño a macroescala, que comprenda una o varias capas de átomos de carbono, que se transfiera a un sustrato de un material seleccionado en función de la aplicación particular.

30 La Figura 1 es una vista transversal de un dispositivo de grafeno que comprende una película 100 de grafeno, que tiene, por ejemplo, un solo átomo de grosor, o puede tener un grosor de hasta 8 o más capas de átomos en algunas realizaciones, dependiendo de la aplicación y la conductividad eléctrica deseada. En particular, la película de grafeno 100 está formada, por ejemplo, por una o una pluralidad de monocapas de grafeno unidas entre sí. En algunas realizaciones, la película de grafeno 100 está dopada para reducir la resistencia de su superficie, por ejemplo, usando dopantes P tales como AuCl_3 y/o HNO_3 . De manera adicional o como alternativa, se pueden intercalar capas de FeCl_3 entre una o más de las capas de grafeno para reducir la resistencia del elemento. Por ejemplo, dicha técnica se describe con más detalle en la publicación titulada "Novel Highly Conductive and Transparent Graphene-Based Conductors", I. Khrapach *et al.*, Advanced Materials 2012, 24, 2844-2849.

40 En vista en planta (no representada en la Figura 1), la película de grafeno 100 puede tener cualquier forma y, por ejemplo, tiene un área de superficie de entre $1 \mu\text{m}^2$ y 200 cm^2 , dependiendo de la aplicación.

45 La película de grafeno 100 está cubierta por un soporte 102 en forma de una capa de material polimérico. El material polimérico se selecciona, por ejemplo, de la familia de los n-xililenos y, en un ejemplo, comprende parileno. El parileno tiene la ventaja de poder estirarse hasta un 200 % antes de romperse, y es capaz de permanecer flexible en un intervalo de temperatura relativamente amplio. En un ejemplo, el material polimérico comprende parileno C o parileno N. Tanto el parileno C como el parileno N tienen la ventaja de ser relativamente elásticos, mientras que el parileno N tiene un módulo de Young ligeramente más bajo y, por tanto, una mayor elasticidad, que el parileno C.

50 Como se describe con más detalle a continuación, el soporte polimérico 102 se ha formado, por ejemplo, mediante una técnica de deposición en fase gaseosa o mediante una técnica de deposición por rotación. El soporte polimérico 102, por ejemplo, tiene un grosor de entre 10 nm y algunas decenas o cientos de μm , dependiendo de la aplicación.

En algunas realizaciones, el grosor del soporte polimérico 102 podría ser tan bajo como 5 nm y, por ejemplo, estar en el intervalo de 5 a 40 nm.

Mientras que en el ejemplo de la Figura 1 el soporte polimérico tiene la forma de una capa que tiene un grosor sustancialmente uniforme, como se pondrá de manifiesto a partir de las realizaciones descritas a continuación, el soporte polimérico podría adoptar otras formas dependiendo de la aplicación particular.

La combinación de una película de grafeno 100 y un soporte polimérico 102 proporciona una capa múltiple que puede tener una conductancia eléctrica relativamente alta sin dejar de ser flexible y firme. Evidentemente, aunque la capa múltiple de la Figura 1 solo tiene dos capas: la capa de grafeno y la capa de parileno que forman una capa doble, en realizaciones alternativas podría haber una o más capas adicionales. Por ejemplo, la capa de grafeno podría estar intercalada por capas de parileno en cada lado, y/o podría formarse una o más capas de materiales adicionales en contacto con la capa de grafeno o parileno.

Asimismo, el uso de un polímero tal como parileno da lugar a un dispositivo que es biocompatible, haciendo que el dispositivo sea adecuado para una variedad de aplicaciones médicas o fisiológicas en las que, por ejemplo, puede entrar en contacto con tejido humano o animal. La expresión dispositivo médico se usa en este documento para cubrir cualquier dispositivo adecuado para el contacto cercano con tejido humano o animal con fines de protección, tratamiento, diagnóstico, o cualquier otro fin.

La Figura 2 ilustra el aparato 200 para formar un dispositivo de grafeno tal como el dispositivo de la Figura 1 según una realización ilustrativa.

La etapa de formar la película de grafeno 100, por ejemplo, implica formar monocapas de grafeno utilizando el aparato 200. Un aparato similar se describe en la publicación titulada "Homogeneous Optical and Electronic Properties of Graphene Due to the Suppression of Multilayer Patches During CVD on Copper Foils", Z. Han *et al.*, Adv. Funct. Mater., 2013, DOI: 10.1002/adfm.201301732, y en la solicitud de patente de EE. UU. publicada como US2014/0326700.

El aparato 200 comprende una cámara de reacción 202 en la que se forma la película de grafeno. Por ejemplo, la cámara de reacción 202 es un horno tubular u otro tipo de cámara que se pueda calentar.

Un sustrato 204, por ejemplo, formado por una lámina de cobre u otro material y con un grosor de entre 0,1 y 100 μm , se coloca dentro de la cámara 202. El sustrato 204 proporciona una superficie adecuada para la formación de grafeno. En particular, el material del sustrato 204 se selecciona, por ejemplo, como uno que proporcione un catalizador para la formación de grafeno y, por ejemplo, tenga una solubilidad en carbono relativamente baja. Por ejemplo, otros materiales posibles para formar el sustrato 204 incluyen otros metales tales como aleaciones de níquel, cobalto, rutenio o cobre tales como aleaciones de cobre y níquel, cobre y cobalto, cobre y rutenio, o materiales dieléctricos, tales como dióxido de circonio, óxido de hafnio, nitruro de boro y óxido de aluminio. En algunas realizaciones, en lugar de ser una lámina, el sustrato 204 podría tener una forma 3D que tenga al menos una de sus dimensiones en el intervalo de 0,1 μm a decenas o cientos de μm . Dicho sustrato 3D podría estar formado por un material adecuado para la formación de grafeno, o podría estar formado por otro material y tener un recubrimiento, de un material adecuado para el crecimiento de grafeno, sobre al menos parte de su superficie. Asimismo, el sustrato 204 podría formarse sobre una superficie plana o 3D de un sustrato adicional, por ejemplo, de cobre u otro material tal como zafiro.

Una entrada 206 de la cámara de reacción 202 permite que se introduzcan gases en la cámara, y una salida 208 permite que se extraigan gases de la cámara. La entrada 206 se alimenta, por ejemplo, de gas mediante tres depósitos de gas 210A, 210B y 210C, que en el ejemplo de la Figura 2 almacenan respectivamente hidrógeno (H_2), argón (Ar) y metano (CH_4). En realizaciones alternativas que se describen con más detalle a continuación, se pueden utilizar diferentes gases. En particular, en lugar de hidrógeno, podría utilizarse un gas de grabado diferente, dicho de otro modo, uno que sea reactivo con carbono, tal como oxígeno. En lugar de argón, se podría utilizar otro gas inerte, tal como helio. Este gas se usa, por ejemplo, para controlar la presión total en la cámara de reacción 202, y podría omitirse por completo en algunas realizaciones. En lugar de metano, se podría utilizar un gas compuesto orgánico diferente, tal como butano, etileno o acetileno.

La entrada 206 está acoplada a: depósito 210A por medio de un tubo 212A que comprende una válvula 214A; depósito 210B por medio de un tubo 212B que comprende una válvula 214B; y depósito 210C por medio de un tubo 212C que comprende una válvula 214C. Las válvulas 214A a 214C controlan los caudales de los respectivos gases en la cámara.

Las válvulas 214A a 214C se controlan electrónicamente, por ejemplo, mediante un dispositivo 216 informático. El dispositivo informático 216 comprende, por ejemplo, un dispositivo de procesamiento 218, bajo el control de una memoria de instrucciones 220 que almacena código de programa para controlar al menos parte del proceso de formación de grafeno.

La salida 208 está acoplada, por ejemplo, por medio de un tubo 222 a una bomba de evacuación 224 para evacuar gases de la cámara de reacción 202. La velocidad de evacuación de la bomba 224 también se controla, por ejemplo, mediante el dispositivo de cálculo 216. Como se representa con una flecha 226, el dispositivo informático también puede controlar uno o más elementos calefactores de la cámara de reacción 202 para calentar el interior de la cámara durante el proceso de formación de grafeno.

Un método para formar una película de grafeno utilizando el aparato descrito anteriormente se analiza, por ejemplo, con más detalle en la solicitud de patente de EE. UU. publicada como US2014/0326700.

Asimismo, se proporciona una cámara de deposición 228, por ejemplo, para depositar la capa polimérica sobre la película de grafeno. En la realización de la Figura 2, una trampilla 230 en una pared de la cámara 202 y un paso 231 entre las cámaras 202, 228 permiten que el sustrato 204 con película de grafeno se transfiera entre las cámaras 202 y 228 sin exponerse a la atmósfera. En realizaciones alternativas, las cámaras de deposición 202 y 228 podrían estar separadas entre sí, y el sustrato 204 con película de grafeno podría transferirse sin utilizar un paso.

La cámara de deposición 228 comprende, por ejemplo, una entrada 233 acoplada por medio de otra válvula 214D a una cámara de suministro 234 para proporcionar un precursor para depositar el material polimérico para cubrir la película de grafeno. La válvula se controla, por ejemplo, mediante el dispositivo de acoplamiento 216. Como se ha mencionado anteriormente, el material polimérico se deposita, por ejemplo, utilizando deposición en fase gaseosa. Se considera que en este documento la expresión "deposición en fase gaseosa" incluye deposición física en fase vapor (PVD), deposición química en fase de vapor (CVD) y deposición de capas atómicas (ALD). El precursor se calienta, por ejemplo, en la cámara de suministro 234 hasta entre 100 °C y 500 °C antes de introducirse como una fase de vapor en la cámara 228 por medio de la válvula 214D.

Las Figuras 3A a 3C son vistas transversales de un dispositivo de grafeno durante su fabricación, por ejemplo, utilizando el aparato de la Figura 2.

Como se muestra en la Figura 3A, inicialmente se supone que se ha formado una película de grafeno 100 mediante CVD sobre un sustrato 204, que es, por ejemplo, una lámina de cobre.

La Figura 3B ilustra una operación en la que el soporte polimérico se deposita cubriendo la película de grafeno 100. En el ejemplo de la Figura 3B, el grafeno se deposita sobre un sustrato 204 relativamente plano, y el material polimérico se deposita como una capa conforme 302 de grosor sustancialmente uniforme que encapsula el dispositivo, incluyendo el sustrato 204. Por ejemplo, el dispositivo se voltea durante el proceso de deposición para que el material polimérico se recubra en todos los lados del dispositivo. En realizaciones alternativas, el material polimérico podría depositarse solamente sobre la película de grafeno 100. Asimismo, en lugar de depositarse en forma de capa, el material polimérico podría depositarse en otras formas, como se describirá con más detalle a continuación.

La Figura 3C ilustra una operación posterior en la que el sustrato 204 se retira, por ejemplo, mediante una etapa de grabado o deslaminando la película de grafeno 100 del sustrato 204. Por ejemplo, la etapa de grabado implica retirar el recubrimiento polimérico que cubre el sustrato 204, por ejemplo, usando un grabado de plasma o raspando con una cuchilla afilada, para exponer la superficie del sustrato. Después se retira el sustrato, usando, por ejemplo, un grabado adecuado, tal como un grabado ácido o usando una técnica de electrólisis.

Esto deja la película de grafeno 100 con el soporte polimérico 102. Los presentes inventores han descubierto que el soporte polimérico 102 reduce ventajosamente la degradación de la película de grafeno 100 durante la separación de la película de grafeno 100 del sustrato 204.

Una ventaja del proceso descrito en este documento es que no se requiere ninguna operación de transferencia, reduciendo el riesgo de que se degraden las propiedades de la película de grafeno.

En efecto, el grafeno se forma generalmente utilizando un proceso de deposición química en fase de vapor (CVD), en donde se deposita grafeno sobre un sustrato base tal como una lámina de cobre. Sin embargo, una dificultad es que es relativamente difícil retirar la capa de grafeno del sustrato base sin dañar o contaminar la capa de grafeno y/o degradar su conductividad.

Al depositar un material polimérico mediante deposición en fase gaseosa en contacto con la película de grafeno, el polímero puede permanecer unido al grafeno mientras el sustrato se retira, por ejemplo, mediante grabado o mediante un proceso de deslaminación, sin una etapa de transferencia.

El proceso para formar un dispositivo de grafeno como se ha descrito en relación con las Figuras 3A a 3C puede adaptarse para formar varios dispositivos médicos basados en grafeno particulares como se describirá a continuación con referencia a las Figuras 4 a 6.

La Figura 4A ilustra un elemento oftálmico 400 que comprende grafeno que está adaptado para colocarse sobre la superficie del ojo. El elemento 400 tiene, por ejemplo, la forma de una placa curva, cuyo borde exterior es circular en el ejemplo de las Figuras 4A a 4D, pero podría tener una forma diferente. El elemento 400 tiene, por ejemplo, una parte inferior cóncava 402 para hacer contacto con la superficie del ojo, y una superficie exterior convexa 404, que tiene una forma que permite que un párpado se cierre sobre el elemento 400. El elemento 400 tiene, por ejemplo, un diámetro de entre 8 y 20 mm.

La Figura 4B es una vista desde abajo del elemento 400 en una dirección representada por una flecha A en la Figura 4 mirando hacia el lado cóncavo del elemento. Como se ilustra, el elemento comprende, por ejemplo, una película de grafeno 100 y una capa de soporte polimérico 102. La película de grafeno 100 está expuesta, por ejemplo, sobre la

superficie interior del elemento 400, de manera que pueda hacer contacto eléctrico con la superficie de un ojo. La capa polimérica 102 proporciona un soporte para la película de grafeno 100, y se forma en contacto con la película de grafeno 100 y está expuesta sobre la superficie exterior del elemento 400. El material polimérico utilizado para el soporte 102 es, por ejemplo, parileno, en vista de la naturaleza biocompatible de este polímero.

- 5 La Figura 4C ilustra una sección transversal B-B a través del elemento de la Figura 4A y, como se ilustra, la película de grafeno 100 y el soporte polimérico 102 forman juntos una multicapa curvada.

La Figura 4D representa una etapa del método durante la fabricación del elemento oftálmico 400 según una realización descrita. El elemento se forma, por ejemplo, utilizando un sustrato sustancialmente esférico, por ejemplo, está formado por una bola de cobre, que tiene al menos aproximadamente las dimensiones de un ojo humano. La película de grafeno 100 se forma entonces, por ejemplo, mediante CVD sobre este sustrato, y una capa polimérica 102 se deposita mediante deposición en fase gaseosa sobre la película de grafeno 100. Representada por un círculo discontinuo 406, una parte de la multicapa de grafeno/polímero se corta entonces, por ejemplo, de la esfera en la forma del elemento oftálmico 400 y se separa del sustrato, por ejemplo, mediante un proceso de deslaminación como se ha descrito anteriormente, o grabando el cobre que forma el sustrato. Como alternativa, se puede realizar un proceso de deslaminación electroquímica como se describe con más detalle en la publicación titulada "Electrochemical delamination of CVD-Grown Graphene Film: Toward the Recyclable Use of Copper Catalyst", Yu Wang *et al.*

Mientras que en las Figuras 4A a 4D se ilustra un ejemplo en el que la película de grafeno 100 es continua a través del elemento oftálmico, la película de grafeno 100 podría tener un patrón. Por ejemplo, el molde utilizado para formar el elemento oftálmico podría comprender dos materiales diferentes, soportando uno de los materiales el crecimiento de grafeno y no soportando el otro material el crecimiento de grafeno. La formación del patrón de estos dos materiales a través de la superficie del molde sobre la que se va a formar el grafeno se selecciona en función del patrón de grafeno deseado. Un ejemplo de un material que no soporta el crecimiento del grafeno es el óxido de aluminio. Como ejemplo alternativo, se podría usar una etapa de grabado de grafeno para hacer el patrón de la película de grafeno.

El elemento oftálmico 400 puede tener una variedad de aplicaciones, incluyendo actuar como un electrodo sobre la superficie del ojo. Por ejemplo, el elemento oftálmico 400 podría formar el dispositivo montable en el ojo descrito en la publicación de patente US2014/010744, en el que se reemplazan capas de ITO (óxido de indio y estaño) con la película de grafeno descrita en este documento. Como alternativa, otras aplicaciones del elemento oftálmico 400 incluyen un dispositivo de protección oftálmica, por ejemplo, para proteger el ojo de radiación electromagnética tal como microondas.

La Figura 5A es una vista transversal de un implante médico 500 que comprende grafeno. El elemento 500 está adaptado, por ejemplo, para insertarse en tejido humano o animal para actuar como un electrodo. Por ejemplo, en algunas aplicaciones el implante se utiliza para monitorizar o estimular la actividad neuronal. El implante es similar, por ejemplo, al descrito en la publicación de patente de EE. UU. US2013/0090542.

Sin embargo, mientras que este documento describe un material de núcleo conductor de electricidad con un recubrimiento polimérico biocompatible no conductor de electricidad, el implante de la Figura 5A comprende un núcleo polimérico que tiene un recubrimiento conductor de electricidad formado por una película de grafeno.

En efecto, como se ilustra en la Figura 5A, el implante 500 comprende, por ejemplo, un núcleo polimérico 502 en forma de aguja, por ejemplo, de parileno o poliimida, cubierto por una película de grafeno 100. El elemento 500 tiene un extremo puntiagudo 504, que en el ejemplo de la Figura 5D tiene su punta alineada con un eje 506 del vástago de la aguja, aunque en realizaciones alternativas la punta acoplada esté desplazada con respecto a este eje. El implante tiene, por ejemplo, una longitud de entre unos pocos milímetros y hasta varias decenas de centímetros, dependiendo de la aplicación.

En algunas realizaciones, algunas partes de la superficie exterior del implante 500 podrían estar formadas por material diferente al grafeno. Por ejemplo, la punta del implante 500 podría estar formada por silicio u otro material.

El implante comprende, por ejemplo en un extremo opuesto a la punta 504, un electrodo 508, que hace contacto con la película de grafeno 100. El electrodo 508 acopla eléctricamente, por ejemplo, la película de grafeno 100 a un cable 510, permitiendo que se apliquen señales eléctricas al implante y/o que se detecten señales eléctricas desde el implante.

La Figura 5B es una vista transversal tomada a lo largo de una línea C-C de la Figura 5A que atraviesa un vástago del implante entre el extremo puntiagudo 504 y el electrodo 508. Como se muestra, el implante es, por ejemplo, sustancialmente circular en sección transversal, aunque en una realización alternativa serían posibles otras formas. Un diámetro del implante está, por ejemplo, en el intervalo de 20 μm a 500 μm .

Las Figuras 5C y 5D son vistas transversales que ilustran ejemplos de etapas del proceso para formar el implante 500 de la Figura 5A.

Como se muestra en la Figura 5C, el implante de la Figura 5A se forma, por ejemplo, utilizando un molde 508, por ejemplo, se forma con cobre y tiene una superficie interior que tiene la forma exterior deseada del implante 500. La película de grafeno 100 se forma entonces, por ejemplo, mediante CVD sobre la superficie interior del molde, por ejemplo, usando la cámara 202 del aparato de la Figura 2. Después se realiza una deposición en fase gaseosa del

soporte polimérico 502 para llenar el molde 508 y hacer contacto con la película de grafeno 100.

Como se muestra en la Figura 5D, el molde 508 se retira después, utilizando, por ejemplo, una etapa de grabado, dejando el vástago y el extremo puntiagudo 504 del implante 500. El electrodo 508 (no mostrado en la Figura 5D) tiene, por ejemplo, la forma de una tapa colocada sobre el extremo del implante, opuesta al extremo puntiagudo 504. Como alternativa, el electrodo 508 podría estar formado por una parte del molde que, por ejemplo, esté protegida para que no se grabe cuando se retire el resto del molde y que, por tanto, permanezca en contacto con la película de grafeno 100.

La Figura 6A es una vista transversal de un parche conductor 600 que comprende una película de grafeno 100. La Figura 6A ilustra un ejemplo en el que el parche se emplea en contacto con la superficie de una parte de la piel 602 de un cuerpo humano o animal. La película de grafeno 100 del parche se coloca, por ejemplo, para exponerse a, y hacer contacto directamente con, la superficie de la piel 602, y tiene un soporte 102 de material polimérico en forma de una capa formada sobre ella. La capa polimérica 102 es, por ejemplo, de parileno. Otra banda 604 de polímero cubre, por ejemplo, la multicapa 100, 102 de grafeno y polímero y la sostiene en su lugar contra la piel. Para esto, la banda 604 se extiende, por ejemplo, más allá de la multicapa 100, 102 en cada lado para hacer contacto directo con la superficie de la piel 602. También, por ejemplo, tiene una capa adhesiva 606 sobre al menos una parte de su superficie que hace contacto con la piel 602.

Un electrodo 608 hace contacto, por ejemplo, con la película de grafeno. La capa polimérica 102 tiene, por ejemplo, un grosor de entre 10 nm y 5 mm, y una abertura se forma en una parte de la capa polimérica 102 para exponer la superficie de la película de grafeno. El electrodo 608 se forma entonces, por ejemplo, sobre la película de grafeno y, en algunas realizaciones, se realiza una deposición adicional de polímero para cubrir el electrodo 608. Una antena 610, por ejemplo, acopla el electrodo 608 a un dispositivo de monitorización, atravesando la banda 604.

El parche 600 de la Figura 6A solamente está representado en sección transversal, y los expertos en la técnica tendrán claro que, en la vista en planta, la multicapa 100, 102 de grafeno/polímero y la banda 604, podrían tener cualquier forma, por ejemplo, rectangular o circular. La película de grafeno 100, por ejemplo, tiene una superficie de entre 5 y 50 mm.² que hace contacto con la piel 602.

Una ventaja de la realización de la Figura 6A es que la multicapa 100, 102 de grafeno/polímero es relativamente elástica, lo que le permite seguir los contornos en la superficie de la piel, incluyendo arrugas, manteniendo a la vez una conductividad relativamente alta con la piel 602.

En el ejemplo de la Figura 6A, el electrodo 608 hace contacto con una zona relativamente pequeña de la película de grafeno 100. Sin embargo, para mejorar el contacto eléctrico con todas las partes de la película de grafeno 100, en realizaciones alternativas, el electrodo 608 es sustancialmente anular, haciendo contacto en una zona perimetral de la película de grafeno 100, como se describirá a continuación con referencia a la Figura 6B.

La Figura 6B es una vista en planta de la película de grafeno 100 y también ilustra un electrodo anular 608 utilizado para hacer contacto eléctrico con la película de grafeno 100. En particular, el electrodo 608 rodea, por ejemplo, la zona en la que la película de grafeno 100 hace contacto con la herida. Por ejemplo, el electrodo 608 está formado por un material tal como una resina o cola mezclada con carbono para hacerlo conductor. Si bien se ilustra un ejemplo en el que el electrodo 608 es anular, serían posibles otras formas, tal como rectangular.

En algunas aplicaciones, podría usarse el parche 600 para administrar un medicamento y/o para el tratamiento de heridas abiertas, como se describirá a continuación con más detalle con referencia a las Figuras 7A, 7B y 8.

La Figura 7A ilustra un aparato 700 para tratar heridas y/o administrar medicamentos usando el parche médico 600 de la Figura 6A. Como se ilustra, el parche 600 se aplica, por ejemplo, como un apósito para heridas que cubre una herida abierta 701. Como alternativa, el parche 600 podría aplicarse a la piel de manera similar al ejemplo de la Figura 6A, y usarse para la administración de fármacos. Otro parche 702, que es, por ejemplo, muy similar al parche 600, se aplica, por ejemplo, a la piel del paciente en las proximidades de la herida, por ejemplo, a una distancia de unos 20 cm de la herida. Las características del parche 702 se han etiquetado con números de referencia similares al parche 600, y no se describirán de nuevo en detalle. En realizaciones alternativas, se podría utilizar un tipo diferente de parche conductor para implementar el otro parche 702.

Los electrodos 608 de cada uno de los parches 600, 702 están acoplados, por ejemplo, a un módulo de aplicación de tensión 710. El módulo 710 está adaptado, por ejemplo, para aplicar impulsos de tensión a través de los electrodos 608 de los parches 600, 702 con el fin de dirigir una corriente a través del tejido del paciente en las proximidades de la herida 701 o la piel del paciente.

Por ejemplo, el parche 600 administra el medicamento a través de la piel mediante un proceso de iontoforesis. En ese caso, el medicamento es, por ejemplo, en forma de crema o gel colocado entre la película de grafeno 100 y la piel. Por ejemplo, se aplica una corriente continua de entre 0,1 y 5 mA entre los electrodos de los parches 600, 700. Por ejemplo, esto se consigue aplicando una tensión en el intervalo de 5 a 40 V. Esto genera, por ejemplo, una densidad de corriente en la piel de entre 0,01 y 0,1 mA/cm². En algunas realizaciones, podría aplicarse una señal pulsada en lugar de una señal de CC.

Para el tratamiento de heridas, se realiza, por ejemplo, un proceso de estimulación eléctrica, como se describe con más detalle en la publicación de L.C. Kloth titulada "Electrical Stimulation Technologies for Wound Healing", Adv Wound Care, 1 de febrero de 2014, 3(2): 81-90.

5 Para dicho tratamiento, existen diversos niveles y frecuencias de tensión posibles que podrían emplearse. En algunas realizaciones, se podría aplicar una señal de CC, por ejemplo, con una tensión en el intervalo de 5 a 60 V. Como alternativa, se podría aplicar una corriente pulsada monofásica o difásica, con una frecuencia de entre 1 y 100 kHz y una tensión, por ejemplo, en el intervalo de 50 a 500 V.

10 La Figura 7B ilustra un parche médico 750 para tratar heridas y/o administrar un medicamento similar al de la Figura 7A, pero en el que tanto la parte de apósito para heridas 600 como el parche de electrodo 702 utilizan el electrodo anular 608 de la Figura 6B.

La Figura 7C ilustra una vista del parche médico 750 tomada en un plano A-A mostrado en la Figura 7B atravesando los electrodos anulares 608 del apósito para heridas 600 y del parche de electrodo 702.

15 El parche médico 750 de las Figuras 7B y 7C comprende tanto la parte de apósito para heridas 600 que cubre una herida 701, como el parche de electrodo 702 en contacto con la piel del paciente, bajo una misma banda adhesiva 752 que sostiene el apósito para heridas 600 y el parche de electrodo 702 en contacto eléctrico con el paciente. Asimismo, en el ejemplo de las Figuras 7B y 7C no hay ningún cable que salga del parche 750, y en su lugar el parche 750 comprende un circuito 754 acoplado por cables a los electrodos anulares 608 del apósito para heridas 600 y el parche de electrodo 702. El circuito 754 comprende, por ejemplo, una fuente de alimentación, tal como una batería, para dirigir una corriente entre las películas de grafeno 100 del apósito para heridas 600 y el parche de electrodo 702. En otras realizaciones, además o en lugar de usar una batería, el circuito 754 puede comprender una antena de bobina y un condensador alimentado con carga generada por la antena de bobina. De esta manera, el apósito para heridas puede alimentarse de forma inalámbrica utilizando un acoplamiento inductivo sin contacto. Por ejemplo, dicho acoplamiento inductivo inalámbrico sin contacto se describe con más detalle en la solicitud de patente de EE. UU. publicada como US20140336597.

25 La Figura 8 ilustra un ejemplo de la señal de tensión aplicada a través de los electrodos 608 de los parches 600, 702 para proporcionar estimulación eléctrica para la curación de heridas. Por ejemplo, los impulsos de tensión tienen una amplitud de tensión máxima V_p de alrededor de 100 V. Cada impulso tiene, por ejemplo, una duración t_{IMPULSO} , y el intervalo sin corriente entre impulsos sucesivos representa hasta el 99 % o más de cada período t_{PERIODO} , para que la corriente total por segundo suministrada al tejido no exceda más de 1,2-1,5 mA. Así, para una tensión V_p de 100 V, la carga del impulso emparejado es, por ejemplo, de aproximadamente 3-3,5 μC , y para una frecuencia de impulsos de 100 impulsos/s, la acumulación de carga total (dosis) no supera, por ejemplo, 350 $\mu\text{C/s}$.

Un tratamiento de este tipo se aplica, por ejemplo, durante un período de entre 5 y 60 minutos, y se repite a diario hasta que la herida se ha curado.

35 En algunas realizaciones, el aparato 700 de la Figura 7A o el parche médico 750 de la Figura 7B comprende además medios para detectar la resistencia de la herida entre la película de grafeno 100 del apósito para heridas 600 y la película de grafeno 100 del parche de electrodo 702. Por ejemplo, el módulo de aplicación de tensión 710 de la Figura 7A y/o el circuito 754 de la Figura 7B comprende un sensor de corriente y/o sensor de tensión para detectar la corriente y/o tensión aplicada entre el apósito para heridas 600 y el parche de electrodo 702, permitiendo determinar la resistencia. Por ejemplo, la resistencia medida puede proporcionar una indicación del estado de la herida, indicando una alta resistencia que la herida se está secando y/o curando.

40 En algunas realizaciones, la película de grafeno 100 del apósito para heridas 600 también podría tener un patrón para formar una pluralidad de píxeles de manera que la información de resistencia de los píxeles pueda proporcionar una imagen de la herida. Por ejemplo, la película de grafeno podría tener un patrón como el que se muestra en la Figura 7 de la patente de EE. UU. 7.945.302, y la enseñanza descrita en este documento podría aplicarse al parche médico descrito en este documento para proporcionar dicha imagen. El contenido de US 7.945.302

De manera ventajosa, al menos parte de la película de grafeno 100 del parche 600 permanece en su lugar sobre el tejido del paciente cuando el parche se retira, como se describirá a continuación con referencia a la Figura 9.

45 La Figura 9 ilustra el parche 600 en el proceso de ser retirado, por ejemplo, después de haber comenzado a curarse la herida 701 y, por tanto, de haberse reducido su tamaño. La banda 604 y el electrodo 608 del parche 600, por ejemplo, se separan de la multicapa de grafeno 100 y polímero 102, que quedan cubriendo la herida 701. Por ejemplo, hay un adhesivo entre el saliente formado por el electrodo 608 y la banda 604, de manera que se tira del electrodo cuando la banda 604 se retira de la piel. Sin embargo, por ejemplo, no hay adhesivo o hay un adhesivo relativamente débil, entre la multicapa de grafeno/polímero y la banda 604. De manera ventajosa, el grafeno es un material que será absorbido progresivamente por el tejido. Asimismo, una capa polimérica que sea relativamente delgada, por ejemplo, formada por parileno de entre 10 y 20 nm de grosor, también se puede absorber.

Como alternativa, la capa de grafeno 100 puede ser una multicapa y la capa polimérica 102 puede pegarse o fijarse de otro modo a la banda 604, de manera que el parche se deslamine dentro de la capa de grafeno 100. Así, solo

queda una o unas pocas capas de grafeno, por ejemplo, cubriendo la herida cuando el parche 600 se retira.

La ventaja de dejar al menos parte de la multicapa de grafeno/polímero cubriendo la herida cuando el parche 600 se retira es que esto reduce el daño a la herida causado por el proceso de retirada, y reduce aún más la posibilidad de infección dejando una barrera en su lugar. Asimismo, se ha descubierto que una película de grafeno puede ser absorbida por un cuerpo, lo que significa que la película de grafeno se descompondrá y desaparecerá sin más intervención.

En algunas realizaciones, solo queda la totalidad o parte de la película de grafeno 100 cubriendo la herida, y la película polimérica 102 permanece sujeta a la banda 604 cuando el apósito para heridas se retira. Por ejemplo, la película de grafeno está formada por múltiples capas de grafeno, de manera que al menos una capa de grafeno permanece sujeta a la capa polimérica cuando el apósito se retira, y al menos una capa de grafeno permanece cubriendo la herida. En otras realizaciones más, la película polimérica 102 está formada por un material que puede ser absorbido por el cuerpo como la película de grafeno, de manera que incluso cuando la capa polimérica permanece cubriendo la herida, es descompuesta y retirada naturalmente por el cuerpo. Un ejemplo de dicho material polimérico que podría usarse para formar la capa polimérica 102 es ácido hialurónico.

Una ventaja adicional del uso de una estructura de grafeno y polímero para el apósito para heridas es que el parche puede ser muy transparente. Esto no solo es bueno para la estética del apósito, sino que también, por ejemplo, permite que la luz natural llegue a la herida, ayudando al proceso de curación. Asimismo, la transparencia del apósito permite monitorizar visualmente el estado de la herida durante el proceso de curación y/o utilizando equipo especializado. En efecto, el grafeno es de color gris y no modifica así el color de la herida subyacente, permitiendo que esta sea monitorizada visualmente. Asimismo, se puede realizar un análisis basado en el efecto Doppler, conocido como LDF (Flujometría de láser Doppler) como se describirá a continuación con referencia a la Figura 10.

La Figura 10 ilustra una herida 701 cubierta por un parche de grafeno/polímero 100, 102. Un equipo de láser Doppler de onda continua portátil 1002 se utiliza para tomar medidas de la herida para su evaluación. Por ejemplo, el equipo 1002 se utiliza para la reproducción de imágenes láser Doppler como se describe con más detalle en la publicación de Stan Monstrey et al. titulada "Assessment of burn depth and burn wound healing potential", BURNS 34 (2008) 761-769, y/o en la publicación de GC Zografos et al. titulada "Laser Doppler Flowmetry in Evaluation of Cutaneous Wound Blood Flow Using Various Suturing Techniques", LASER DOPPLER FLOWMETRY, Vol. 215, N.º 3, Ann. Surg. Marzo de 1992.

Por ejemplo, el análisis puede estar basado en una detección de la velocidad de los glóbulos rojos en la herida, donde un movimiento de los glóbulos rojos por encima de una determinada velocidad indica un proceso de curación saludable, y los glóbulos rojos de movimiento lento o estacionarios indican una herida no saludable.

Mientras que la Figura 10 ilustra un caso en el que la banda adhesiva 604 se retira antes de realizar LDF, en realizaciones alternativas, la banda adhesiva 604 podría ser transparente, permitiendo realizar LDF sin retirar la banda adhesiva 604.

La Figura 11 es una vista transversal de un parche conductor 1100 que comprende una película de grafeno 100. La Figura 11 ilustra un ejemplo en el que el parche proporciona un apósito para ampollas hidrocoloidal. Este apósito comprende, por ejemplo, una capa polimérica porosa 102. Por ejemplo, el material polimérico podría ser ácido hialurónico, que es inherentemente poroso, o el material polimérico podría ser parileno u otro polímero no poroso que se vuelve poroso creando canales a través de la capa, por ejemplo, usando una etapa de litografía, proporcionando así una microestructura. Los canales a través de la capa polimérica porosa 102 permiten que el oxígeno y el agua fluyan entre la herida y una almohadilla 1102 formada por un hidrocoloide. La almohadilla 1102 se sostiene, por ejemplo, mediante una capa 1104 de un material polimérico no poroso. El hidrocoloide actúa como una esponja, absorbiendo el exudado de la herida y proporcionando humedad a la herida si se seca. La película de grafeno 100 entra en contacto con la herida o ampolla, y está acoplada eléctricamente, por ejemplo, por medio de un contacto 1106, con un cable 1108. Se proporciona una banda adhesiva 1110, por ejemplo, para sostener el apósito hidrocoloidal en contacto con la herida.

En funcionamiento, la película de grafeno 100 puede recibir una corriente eléctrica como se describe en relación con las Figuras 7A y 7B usando un parche de electrodo adicional (no ilustrado en la Figura 11).

Asimismo, también podría realizarse la flujometría de láser Doppler (LDF) descrita anteriormente en relación con la Figura 10 en la realización de la Figura 11, siendo la almohadilla 1102 y la totalidad o parte de las capas 100, 102, 1104 y 1110, por ejemplo, transparentes para que se pueda realizar LDF a través de ellas.

Una ventaja de los dispositivos médicos descritos en este documento es que tienen una buena conductividad eléctrica debido a la película de grafeno y son capaces de mantener un contacto eléctrico cercano con la piel o el tejido del ser humano o animal gracias al uso del material polimérico que soporta la película de grafeno que se adapta a los contornos en la superficie del cuerpo sobre la que se aplica el dispositivo.

Asimismo, mediante el uso de un proceso de formación de grafeno en el que se deposita una capa polimérica sobre la película de grafeno usando deposición en fase gaseosa, las propiedades de conducción eléctrica y las propiedades mecánicas de la película de grafeno se pueden conservar particularmente bien cuando el molde se retira. En efecto, la deposición en fase gaseosa permite aplicar un fino recubrimiento polimérico de grosor relativamente uniforme que

tiene una alta conformidad con la rugosidad de la superficie de la película de grafeno, siguiendo de cerca los contornos de la película de grafeno. En vista de su gran conformidad y uniformidad, dicha capa polimérica ejerce una tensión menor sobre la capa de grafeno de lo que sería posible con otras técnicas de deposición tales como recubrimiento por rotación.

- 5 Asimismo, la deposición en fase gaseosa permite realizar una capa polimérica de soporte que se ajusta estrictamente a una forma tridimensional de la película de grafeno, tanto a nanoescala como a microescala, respectivamente, ayudando a preservar la integridad de la película haciendo coincidir las arrugas y proporcionando así una buena conductividad eléctrica y ayudando a mantener la forma 3D global de la película de grafeno después de la retirada del molde, permitiendo deposiciones en formas complejas tales como implantes, etc.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar un dispositivo médico que comprende una película conductora de grafeno, comprendiendo el método:
formar una película de grafeno (100) sobre un sustrato (204);
5 depositar, por deposición en fase gaseosa, un material polimérico que cubre una superficie de la película de grafeno (100);
retirar el sustrato (204) de la película de grafeno (100), en donde el material polimérico forma un soporte (102) para la película de grafeno (100).
2. El método de la reivindicación 1, en donde el material polimérico comprende un polímero de la familia del n-xilileno y, por ejemplo, comprende parileno.
3. El método de la reivindicación 1 o 2, en donde la retirada del sustrato (204) de la película de grafeno (100) se realiza mediante un proceso de deslaminación electroquímica.
4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 para formar un parche médico conductor (600), comprendiendo el método, además:
15 proporcionar una banda adhesiva (604) que cubre el soporte polimérico (102) y adecuada para sostener la película de grafeno (100) en contacto con un cuerpo; y acoplar eléctricamente un contacto de cable (608) a la película de grafeno (100).
5. El método de la reivindicación 4, en donde el acoplamiento eléctrico del contacto de cable a la película de grafeno comprende, antes de depositar el material polimérico, formar el contacto de cable (608) sobre la superficie de la
20 película de grafeno (100), en donde depositar el material polimérico comprende recubrir el contacto de cable (608) con el material polimérico.
6. El método de la reivindicación 4 o 5, que comprende además formar un parche de electrodo conductor (702) del parche médico conductor y un circuito de suministro de corriente (754), estando el circuito de suministro de corriente (754) adaptado para aplicar una corriente entre la película de grafeno (100) y el parche de electrodo conductor (702),
25 en donde la banda adhesiva también es adecuada para sostener el parche de electrodo conductor en contacto con el cuerpo.
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en donde el parche médico conductor es un apósito hidrocolooidal transparente, formando la película de grafeno una superficie externa para entrar en contacto con una herida, y siendo el material polimérico una capa porosa colocada entre la película de grafeno (100) y una almohadilla (1102) formada por un hidrocoloide.
- 30 8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 para formar un implante (500), en donde el sustrato sobre el que se forma la película de grafeno (100) es un molde (508) que tiene una superficie interior que tiene la forma del implante, y en donde después de que la película de grafeno (100) se haya depositado sobre la superficie interior del molde (508), el molde (508) se llena con el material polimérico para formar un núcleo polimérico (502) del implante que soporta la película de grafeno (100).
- 35 9. El método de la reivindicación 8, en donde una parte de dicho molde no se retira de manera que permanece en contacto con la película de grafeno y forma un electrodo (508) del implante.
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde el material polimérico se deposita sobre la película de grafeno en una capa de entre 5 y 40 nm de grosor.
- 40 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el grosor de la película de grafeno es de un átomo a 8 capas de átomos.
12. Un dispositivo médico que comprende una película de grafeno conductora y se selecciona del grupo que consiste en:
- un parche médico conductor obtenido mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 que comprende: una película de grafeno (100) cubierta por una capa (102) de un material polimérico y un contacto de cable (608) acoplado eléctricamente a la capa de grafeno (100) y
45 - un implante obtenido mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, que comprende un núcleo (502) en forma de un vástago que tiene un extremo puntiagudo (504) y está formado por un material polimérico; y una película de grafeno (100) que cubre y está soportada por el núcleo polimérico (502).
13. El parche médico conductor de la reivindicación 12, en donde la película de grafeno (100) puede entrar en contacto con un cuerpo al que se va a aplicar el parche, comprendiendo el parche conductor además una capa adhesiva (604)
- 50

para sostener la película de grafeno (100) en contacto con el cuerpo, en donde la capa adhesiva (604) se puede retirar del cuerpo dejando al menos parte de la película de grafeno (100) en su lugar.

14. El parche médico conductor de la reivindicación 12 o 13, en donde el material polimérico comprende ácido hialurónico.

- 5 15. El parche médico conductor de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en donde el parche médico conductor es un apósito hidrocoloidal, formando la película de grafeno una superficie externa para entrar en contacto con una herida, y siendo el material polimérico una capa porosa colocada entre la película de grafeno (100) y una almohadilla (1102) formada por un hidrocoloide.

16. Un aparato para el tratamiento de heridas que comprende:

- 10 el parche médico conductor de la reivindicación 12 o 13 para colocarse sobre la herida;
un parche conductor adicional (700); y
un módulo de aplicación de tensión (710) adaptado para aplicar impulsos de tensión entre el parche médico conductor y el parche conductor adicional (700).

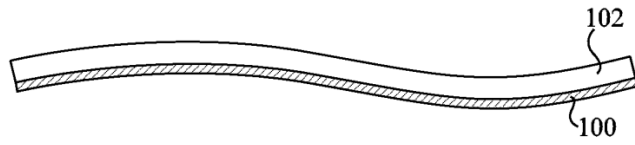


Fig 1

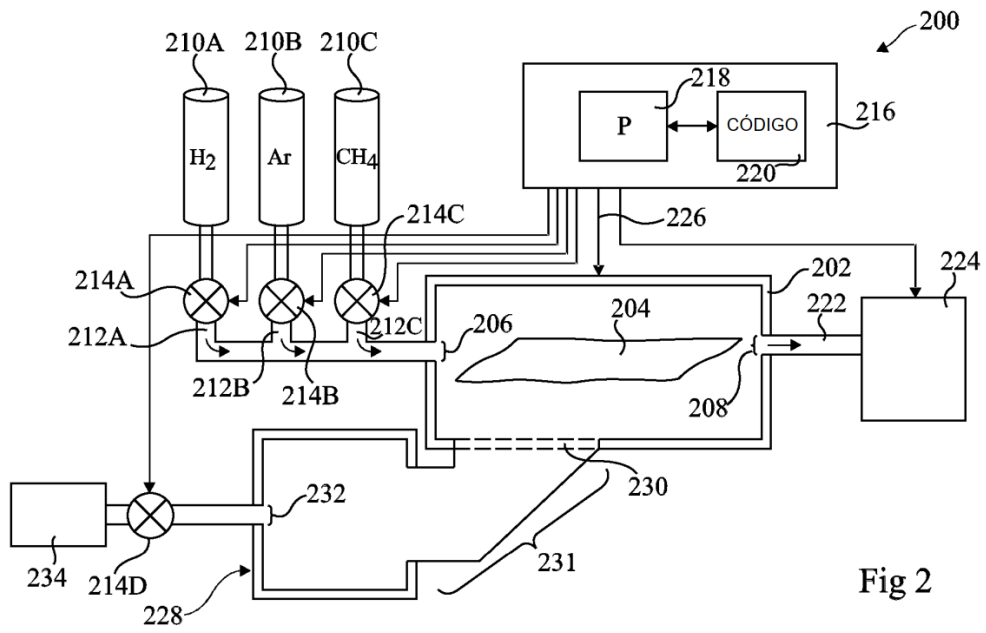


Fig 2

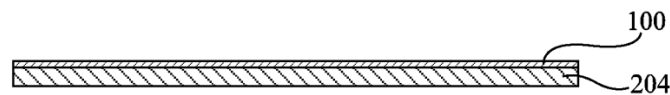


Fig 3A

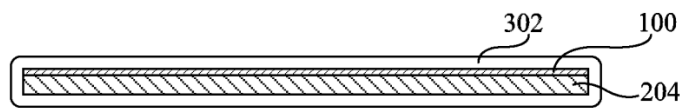


Fig 3B

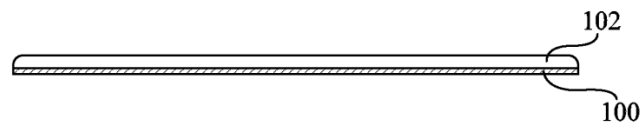


Fig 3C

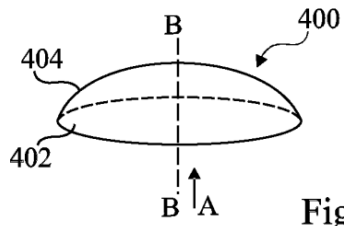


Fig 4A

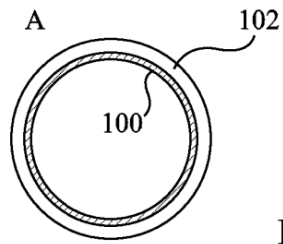


Fig 4B

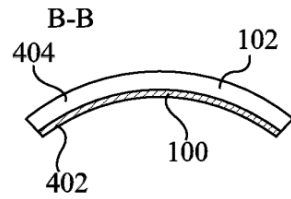


Fig 4C

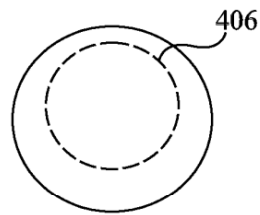


Fig 4D

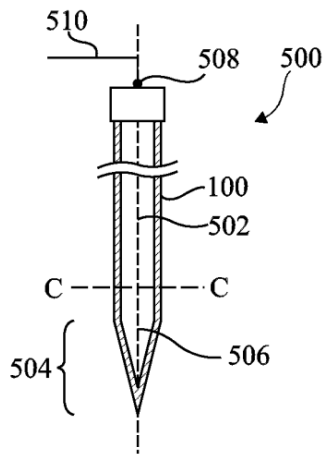


Fig 5A

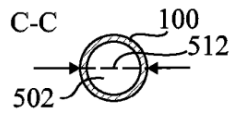


Fig 5B

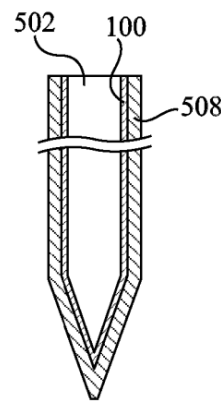


Fig 5C

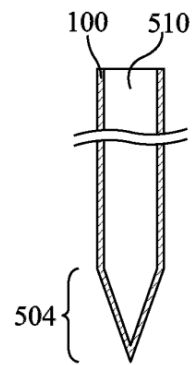


Fig 5D

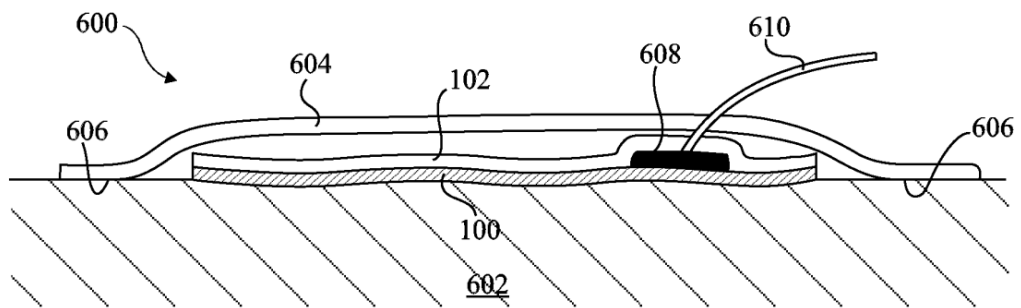


Fig 6A

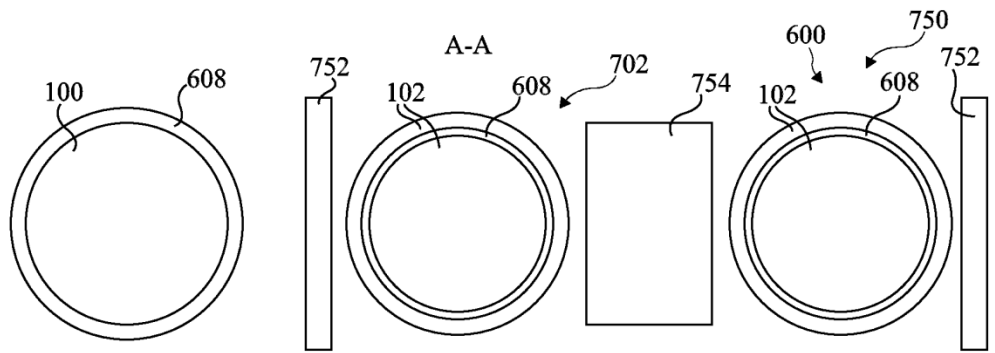


Fig 6B

Fig 7C

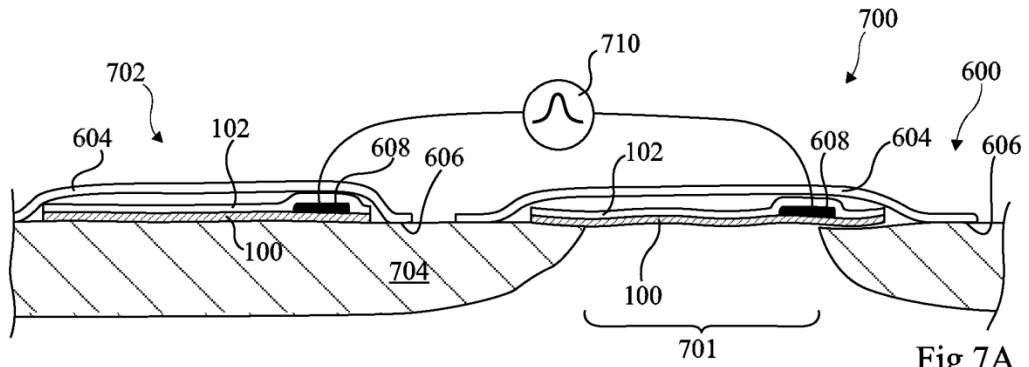


Fig 7A

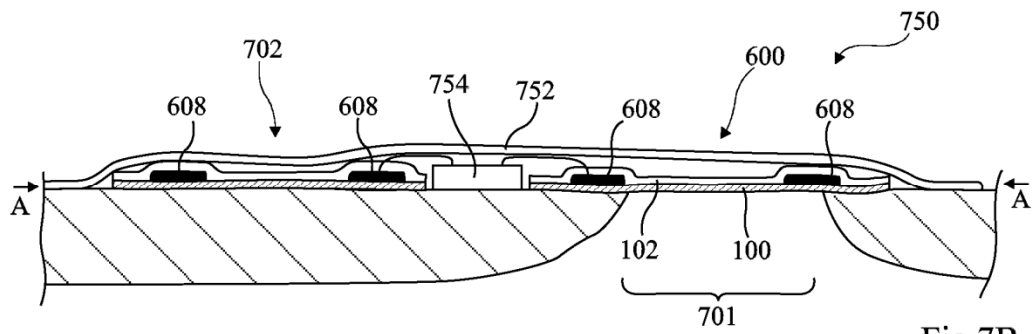


Fig 7B

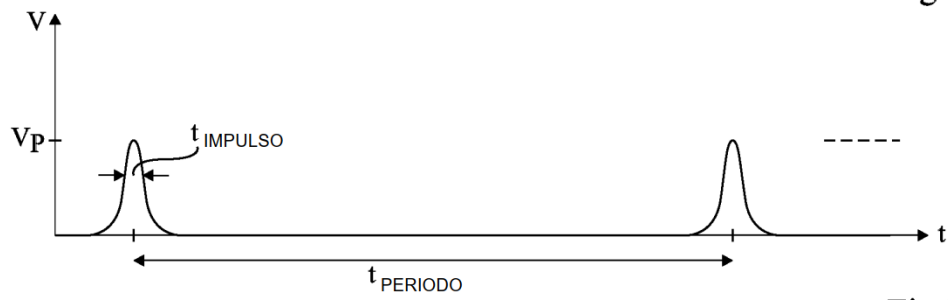


Fig 8

