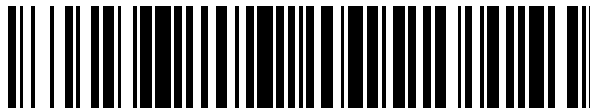


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 120**

51 Int. Cl.:

B44C 3/08 (2006.01)

B28B 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2013 PCT/US2013/073585**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2014 WO14089437**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2013 E 13860728 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2928700**

54 Título: **Método y aparatos para la transferencia de películas entre sustratos**

30 Prioridad:

07.12.2012 US 201261797471 P

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

23.11.2018

73 Titular/es:

**AIXTRON SE (100.0%)
Dornkaulstrasse 2
52134 Herzogenrath, DE**

72 Inventor/es:

WILLNER, BRUCE, IRA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 691 120 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 y aparatos para la transferencia de películas entre sustratos

5 Esta solicitud reivindica prioridad en virtud de 35 U.S.C. 119 con respecto a la solicitud provisional estadounidense n.º 61/797.471 titulada Métodos y aparato para la transferencia de películas entre sustratos, presentada el 7 de diciembre de 2012.

Antecedentes

10 La presente solicitud se refiere en general a métodos y a aparatos para la transferencia de películas desde uno o más sustratos a otro.

15 En esta memoria descriptiva, cuando se hace referencia o se analiza un documento, acto o artículo de conocimiento, esta referencia o análisis no es una admisión de que el documento, acto o artículo de conocimiento o cualquier combinación de los mismos estuviese, en la fecha de prioridad, disponible públicamente, fuese conocido por el público, fuese parte del conocimiento general común o constituya de otro modo la técnica anterior bajo las disposiciones legales aplicables; o se conozca que se relevante para un intento para solucionar cualquier problema con el que esté relacionado esta memoria descriptiva.

20 El descubrimiento del grafeno ha generado un interés extendido para su uso potencial en aplicaciones electrónicas y otras debido a sus propiedades electrónicas, ópticas, físicas y mecánicas. El grafeno es una sola capa atómica de átomos de carbono, unidos estrechamente en una red hexagonal. A pesar de su corta historia como sistema experimental, el grafeno ha revelado ya una nueva física interesante que incluye portadores “relativísticos” con implicaciones para el transporte electrónico cuántico y la emisión de cargas, una banda prohibida de energía dependiente de la anchura gap, una movilidad de portadores extremadamente alta, una alta elasticidad y una modulación electromecánica. Las propiedades de grafeno son atractivas para muchas industrias, en particular la electrónica. La alta movilidad de portadores y la alta conductividad térmica del grafeno le convierten en una posible alternativa al silicio y a los diamantes. Sus propiedades pueden posibilitar la creación de dispositivos en estado sólido de siguiente generación (transistores balísticos, transistores de espín, etc.). El grafeno es también un candidato para su uso como conductor flexible, ópticamente transparente en aplicaciones tales como pantallas táctiles y tecnología fotovoltaica. Otras posibles aplicaciones incluyen sensores químicos, filtros nanoporosos, recubrimientos impermeables para la protección frente a la corrosión y/o química, supercondensadores, soportes TEM y otros.

35 El propósito de las láminas de grafeno de bajo coste ha impulsado una investigación reciente en métodos de producción de grafeno de grandes superficies. La deposición química en fase vapor de grafeno sobre sustratos metálicos es un método prometedor para la producción de grafeno, de bajo coste, de grandes superficies. Una cuestión crítica de la producción de grafeno es la manipulación de las películas de grafeno y la transferencia de esas películas desde el sustrato de deposición a otros sustratos para muchas aplicaciones. Por consiguiente, existe una necesidad de un proceso de grandes superficies para transferir grafeno de capa única o de múltiples capas desde un sustrato a otro sustrato.

45 Un proceso de transferencia de grafeno usado ampliamente, actual, incluye una etapa de grabado químico para eliminar el sustrato metálico mediante disolución. La escalación de este proceso a una producción de miles de metros cuadrados conduce a un gran coste y retos de residuos. El reciclaje o la eliminación de agente de ataque infundido con metal constituye una cuestión de costes y gestión de residuos importante. Dado que el sustrato se disuelve mediante el agente de ataque, no puede reutilizarse para el crecimiento de películas de grafeno. Además, el proceso de disolución es bastante lento. Por al menos estos motivos, esta técnica convencional no es suficientemente adecuada para la producción de bajo coste, a gran escala, eficiente, de películas de grafeno.

50 Aunque se han analizado ciertos aspectos de tecnologías convencionales para facilitar la divulgación de la invención, los solicitantes no reniegan de ningún modo de estos aspectos técnicos, y se contempla que la invención reivindicada pueda abarcar o incluir uno o más de los aspectos técnicos convencionales analizados en el presente documento.

El documento WO2012/067438 A2 da a conocer un método para transferir una capa de grafeno desde un metal catalizador a una película de sustrato.

60 El artículo “Electrochemical Delamination of CVD-Grown Graphene Film: Toward the Recyclable Use of Copper Catalyst”; American Chemical Society; vol. 5; n.º 12; página 9927; (2011) da a conocer un método de separación para separar el grafeno depositado químicamente en fase de vapor desde un catalizador metálico mediante transferencia a un sustrato dieléctrico.

65 Sumario

La presente invención puede abordar uno o más de los problemas y deficiencias de la técnica anterior analizados anteriormente. Sin embargo, se contempla que la invención pueda demostrar ser útil para abordar otros problemas y deficiencias, o proporcione beneficios y ventajas, en varias áreas técnicas. Por tanto, la invención reivindicada no debe interpretarse necesariamente como estar limitada a abordar algunos de los problemas o las deficiencias particulares analizados en el presente documento.

La presente invención proporciona métodos y aparatos que proporcionan uno o más de los siguientes beneficios y ventajas:

- 10 • eliminación o reducción significativa de residuo químico y beneficios medioambientales y de costes relacionados;
- permite la reutilización de sustratos metálicos para la futura formación de grafeno, reduciendo de ese modo el residuo y mejorando la economía del proceso;
- 15 • permite un proceso continuo, escalable, para la creación de películas de grafeno, la transferencia de sustratos y/o la fabricación de estructuras de múltiples capas;
- permite colocar películas de grafeno sobre prácticamente cualquier superficie suave;
- 20 • proporciona un proceso para transferir películas de grafeno que tienen un grosor de una única capa atómica, así como películas de grafeno de múltiples capas;
- proporciona un proceso que puede transferir grafeno a sustratos o bien flexibles o bien rígidos;
- 25 • permite la creación y transferencia de láminas de gran superficie de película de grafeno.

Por tanto, según un aspecto, la presente invención proporciona un método según la reivindicación 1. mediante:

30 Según un aspecto adicional, se proporciona una disposición según la reivindicación 12. primer sustrato en una primera dirección, y el primer rodillo de recogida se construye y dispone para tirar del segundo sustrato con la al menos una capa de material en una segunda dirección, divergiendo la primera y la segunda dirección entre sí, definiendo de ese modo un ángulo de separación.

35 Breve descripción de los dibujos

Las Figuras 1A-1C' son ilustraciones esquemáticas de métodos realizados según ciertos aspectos de la presente invención.

40 La Figura 2 es una ilustración esquemática de métodos realizados según aspectos adicionales de la presente invención.

La Figura 3 es una ilustración esquemática de una disposición, y métodos relacionados, configurados según los principios de la presente invención.

45 La Figura 4 es una ilustración esquemática de aspectos opcionales adicionales de métodos y disposiciones de la presente invención.

50 La Figura 5 es una ilustración esquemática de disposiciones y métodos según aspectos adicionales de la presente invención.

Descripción detallada

55 Tal como se usa en el presente documento, las formas singulares "un", "una" y "el/la" pretenden incluir las formas en plural así como, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Adicionalmente, el uso de "o" pretende incluir "y/o", a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

60 Según ciertos aspectos de la presente invención se proporcionan métodos de transferencia de grafeno desde un sustrato sobre el que se forma a un segundo sustrato. Estos métodos unen el segundo sustrato al grafeno, tal como se describe posteriormente, sumergen las capas en una disolución, y entonces usan una acción de tracción mecánica para separar el grafeno y el segundo sustrato del sustrato original con la ayuda de burbujas, formadas electrolíticamente en la superficie de contacto entre el grafeno y el metal, para separar las dos capas. Se configura una célula de electrólisis en la disolución poniendo en contacto eléctricamente el grafeno y la estructura metálica y un segundo electrodo. Este proceso es adecuado para películas de grafeno que se hacen crecer sobre un sustrato conductor. Este proceso es especialmente adecuado para escalar a películas de grafeno de superficies más grandes.

Ciertas realizaciones ilustrativas, no limitativas, de métodos y disposiciones según los principios de la presente invención se ilustran esquemáticamente en las Figuras 1-5.

5 Tal como se ilustra, por ejemplo, en la Figura 1, al menos una capa de material 12 puede formarse sobre al menos parte de una superficie de un primer sustrato 10 formando de ese modo una superficie de contacto 16 entre una primera superficie 14 de la al menos una capa de material 12 y el sustrato 10. El al menos un material de capa puede formarse sobre parte de una superficie del primer sustrato, por ejemplo, como un patrón periódico. Alternativamente, la al menos una capa de material 12 puede cubrir toda la superficie del primer sustrato 10. La capa de material 12 puede formarse como una única capa de material, o como múltiples capas de material. La capa de material 12 puede tener cualquier grosor adecuado. Los métodos y las disposiciones de la presente invención son ventajosos con respecto a capas delgadas, tales como capas que tienen un grosor total de menos de 10 nm. La al menos una capa de material 12 puede formarse a partir de cualquier material adecuado, o combinación de materiales. Según determinadas realizaciones, la al menos una capa de material 12 comprende grafeno. El grafeno puede estar presente como una única capa atómica de grafeno, o como capas de grafeno que tiene un grosor de múltiples átomos. El grafeno puede combinarse con uno o más materiales adicionales. Por ejemplo, el grafeno puede doparse con uno o más dopantes. El/Los dopante(s) puede(n) comprender yodo, nitrógeno, boro, potasio, arsénico, galio, aluminio, indio u otros. El grafeno puede formarse según cualquier técnica adecuada, generalmente conocida por los expertos en la técnica, tal como exfoliación de grafito, crecimiento epitaxial, oxidorreducción de grafito, grabado o división de nanotubos de carbono, sonicación de grafito y reacciones de reducción de dióxido de carbono. Según determinadas realizaciones de la presente invención, el grafeno se hace crecer sobre un sustrato mediante deposición química en fase de vapor. Según realizaciones alternativas adicionales, el grafeno puede hacerse crecer sobre un sustrato aplanado en condiciones de temperatura relativamente baja, presión casi atmosférica. Por ejemplo, el sustrato 10 puede aplanarse mediante cualquier técnica adecuada, tal como electropulido, pulido mecánico y/o pulido químico de la superficie del mismo sobre la que debe hacerse crecer grafeno. Esta superficie del sustrato 10 se pone entonces en contacto con un gas hidrocarbonado (por ejemplo, metano) a una temperatura de aproximadamente 250°C a aproximadamente 2000°C, y a una presión de aproximadamente 10⁻⁷ atmósferas a aproximadamente presión ambiental. Una técnica adecuada de formación de grafeno como la al menos un material de capa 12 sobre el sustrato 10 según ciertas realizaciones ilustrativas y no limitativas de la presente invención se describe en el documento WO 2012/021677, cuyo contenido completo se incorpora al presente documento mediante referencia.

Independientemente de la naturaleza de la al menos una capa de material 12, el primer sustrato 10 puede formarse a partir de cualquier material adecuado. El primer sustrato 10 puede ser flexible o rígido. Según ciertos ejemplos ilustrativos, el sustrato 10 can estar formado de un metal. Ejemplos no limitativos específicos de metales que pueden usarse para formar el sustrato 10 incluyen cobre, rodio, rutenio, iridio, platino, cobalto, níquel o cualquier combinación de los mismos. Según un ejemplo no limitativo ilustrativo, el sustrato 10 se forma a partir de cobre.

Tal como se ilustra, por ejemplo, en la Figura 1, el primer sustrato 10 puede tener una capa o recubrimiento opcional 11 aplicado a una superficie del mismo antes o después de la formación de material 12. La capa o recubrimiento 11 puede estar formada de cualquier material o materiales adecuados. Por ejemplo, puede estar formada de un polímero, tal como poli(tereftalato de etileno) (PET), poli(metacrilato de metilo) (PMMA), poli(naftalato de etileno) (PEN), poliamida, politetrafluoroetileno (PTFE), polietileno y otros. La capa o recubrimiento puede aplicarse mediante cualquier técnica adecuada, tal como unión adhesiva, laminación, recubrimiento, pulverización, recubrimiento por espín, inmersión y similares.

Tal como se ilustra adicionalmente, por ejemplo, en la Figura 1, un segundo sustrato 18 puede unirse a una segunda superficie de la al menos una capa de material. El segundo sustrato 18 puede estar formado de cualquier material adecuado, o combinación de materiales. Según ciertos ejemplos no limitativos, el segundo sustrato 18 puede estar formado de poli(metacrilato de metilo) (PMMA) o poli(tereftalato de etileno) (PET). Alternativamente, el segundo sustrato 18 podría estar formado de polietileno (PE), poli(cloruro de vinilo) (PVC), vidrio, sílice, dióxido de silicio, silicio, MgO y otros. El segundo sustrato puede aplicarse a la al menos una capa de material mediante cualquier técnica adecuada. Las técnicas adecuadas incluyen, pero no se limitan a, unión adhesiva, laminación, recubrimiento, pulverización, recubrimiento por espín, inmersión y similares.

A continuación, la combinación de materiales descrita anteriormente puede separarse o delaminarse. Esta separación o delaminación se consigue a través de una combinación de la aplicación de fuerzas mecánicas, con la asistencia de burbujas 22 formadas a lo largo de la superficie de contacto de separación 16. Este mecanismo se ilustra esquemáticamente en la Figura 1 (C). Las burbujas 12 pueden formarse mediante cualquier mecanismo adecuado. Según una realización ilustrativa, las burbujas 22 se forman mediante la emisión de hidrógeno debido a la electrólisis de agua. Este mecanismo debe ser familiar para los expertos en la técnica. En agua, en el cátodo cargado negativamente, tiene lugar una reacción de reducción, entregándose los electrones (e⁻) del cátodo a los cationes de hidrógeno para formar gas de hidrógeno (la mitad de la reacción equilibrada con ácido): reducción en el cátodo: $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$. En el ánodo cargado positivamente se produce una reacción de oxidación, generando gas de oxígeno y entregando electrones al ánodo para completar el circuito: ánodo (oxidación): $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{O}_2(\text{g}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 4\text{e}^-$.

Realizaciones opcionales específicas para llevar a cabo la reacción de electrólisis anotada anteriormente se describirá posteriormente en el presente documento.

5 Tal como se indicó de manera adicional anteriormente, el otro componente utilizado según los principios de la presente invención para delaminar o separar los materiales mencionados anteriormente implica la aplicación de fuerza mecánica o presión. Esto se ilustra esquemáticamente mediante las flechas macizas que aparecen en la Figura 1 (C). Tal como se ilustra allí, estas fuerzas se aplican en direcciones que divergen entre sí definiendo de ese modo un ángulo de separación α . Puede influirse en la efectividad y eficiencia de la operación de delaminación a través de la selección cuidadosa del ángulo de separación α apropiado, así como la cantidad de fuerza aplicada. Según determinadas realizaciones de la presente invención, el ángulo de separación α es de aproximadamente 1 grado a aproximadamente 90 grados, o de aproximadamente 5 grados a aproximadamente 60 grados.

15 Según una realización alternativa adicional de la técnica descrita anteriormente, la al menos una capa de material 12 puede transferirse adicionalmente a un tercer sustrato adicional. Un ejemplo de este procedimiento alternativo se ilustra esquemáticamente en la Figura 2. Tal como se ilustra allí, el segundo sustrato actúa como película de transferencia 18'. Esta película de transferencia 18' puede estar formada a partir de cualquier material o combinación de materiales adecuados. Puede estar formada del mismo material que el segundo sustrato 18, tal como se describió anteriormente. Alternativamente, la película de transferencia 18' puede estar formada a partir de un material diferente tal como cinta de transferencia de calor, PET, PE, PVC, PTFE, PMMA y otros. Según un ejemplo no limitativo, específico, la película de transferencia 18' puede estar formada a partir de un adhesivo térmicamente sensible que se rompe tras la exposición a temperaturas elevadas. Esto permite un mecanismo relativamente simple para la liberación de la película de transferencia 18' del al menos un material de capa 12. Posteriormente a la separación del primer sustrato 10 y la capa o recubrimiento opcional 11 de la al menos una capa de material 12 y película de transferencia 18', un tercer sustrato 24 se une a una superficie del al menos un material de capa 12. Véase, por ejemplo, la Figura 2 (D). A continuación, la película de transferencia 18' se retira de la al menos una capa de material 12, dejando el al menos un material de capa 12 dispuesto sobre el sustrato de uso final 24. Esta retirada puede llevarse a cabo mediante cualquier técnica adecuada, tal como el calentamiento mencionado anteriormente de un adhesivo térmicamente sensible, fuerza mecánica, técnicas de separación químicas, disolución química, grabado químico, degradación fotoinducida y despolimerización. Una ventaja de esta técnica alternativa es que la al menos una capa de material 12 puede transferirse a un sustrato rígido 24. Naturalmente, el sustrato 24 también puede ser flexible. El sustrato 24 puede estar formado de cualquier material adecuado, tal como una cerámica, metal o polímero. Los ejemplo ilustrativos y no limitativos específicos incluyen: silicio, vidrio, cuarzo, películas semiconductoras sobre sustratos rígidos.

35 La presente invención abarca también disposiciones que pueden utilizarse, por ejemplo, para llevar a cabo los métodos mencionados anteriormente. Disposiciones construidas según los principios de la presente invención se ilustran en las Figuras 3-5. Esas características ilustradas allí, que también se describen anteriormente en relación con los métodos mencionados anteriormente se identifican usando los mismos números de referencia utilizados en las Figuras 1-2. Tal como se ilustra, por ejemplo, en la Figura 3, el método mencionado anteriormente puede implementarse como proceso rodillo a rodillo. La disposición ilustrada en la Figura 3 es adecuada para tales procesos rodillo a rodillo, pero no está limitada de esta manera. Tal como se ilustra allí, la disposición puede comprender un número de diferentes combinaciones de las características ilustradas. Por ejemplo puede proporcionarse un rodillo de suministro 26 que comprende un rodillo de material compuesto 28. El material compuesto puede comprender un primer sustrato 10, al menos un material de capa 12 en contacto con el primer sustrato definiendo de ese modo la superficie de contacto 16, un segundo sustrato 18 unido a una segunda superficie de la al menos una capa de material 12, y una capa o recubrimiento adicional opcional 11 dispuesto sobre una superficie del primer sustrato 10. Estos materiales pueden adoptar las formas o composiciones específicas mencionadas antes previamente.

50 Este material compuesto 28 se alimenta en determinadas cantidades a la célula electrolítica mediante cualquier disposición adecuada, tal como uno o más rodillos guía 44, 46. La célula electrolítica comprende un recipiente 30 que contiene una disolución 32, la disolución 32 comprende agua y al menos un electrolito. Puede utilizarse cualquier electrolito, o combinación de electrolitos, adecuado. Según ciertas realizaciones opcionales, el electrolito comprende, por ejemplo, hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, ácido sulfúrico y/o cloruro de sodio. La disolución comprende de 0,05 moles a 1 mol de electrolito por litro de agua. Alternativamente, la disolución contiene uno o más materiales dopantes. Los dopantes adecuados incluyen, pero no se limitan a, yodo, nitrógeno, boro, potasio, arsénico, galio, aluminio, indio, cromo o varias moléculas orgánicas tales como 2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracianoquinodimetano, 7,7,8,8-tetraciano-2,3,5,6-tetrafluoroquinodimetano (F4-TCNQ). La disolución puede contener cualquier cantidad adecuada de dopante, que depende enormemente del dopante usado.

65 Para ciertas aplicaciones (por ejemplo un conductor transparente), propiedades importantes de la película pueden refinarse y mejorarse dopando el grafeno. Por ejemplo, con el dopado apropiado, la densidad de portadores electrónicos en el grafeno aumentará, aumentando la conductividad para un contacto transparente. Como material bidimensional, en el que todo el material es una superficie expuesta, el grafeno puede doparse tras la deposición porque no es necesario que el dopante difunda a capas más profundas (ya que no hay ninguna).

El dopado del grafeno puede conseguirse durante el proceso de transferencia incorporando el dopante a la disolución de electrolito. A medida que el grafeno se separa del sustrato de deposición metálico, se expone a la disolución. El electrolito en la disolución u otro aditivo sirve como dopante, adhiriéndose a la superficie del grafeno durante el proceso. El proceso de separación no requiere un electrolito particular para funcionar. El electrolito aumenta la conductividad de la disolución para posibilitar la transferencia de cargas a través de la disolución. Hay muchos aditivos electrolíticos que aumentarían la conductividad de la disolución. Por consiguiente, los aditivos de la disolución pueden seleccionarse y mezclarse para conseguir una densidad de dopado dirigida y una separación de grafeno-metal efectiva. El proceso puede controlarse y refinarse a través del control de la constitución del electrolito y la duración de la exposición a través de la geometría del baño de separación.

La polarización eléctrica sobre el grafeno, que forma parte de uno de los electrodos en la célula de electrólisis, puede usarse para atraer dopantes a la superficie de grafeno, donde se une o se adsorbe.

El proceso puede usar más de un electrolito. Pueden usarse múltiples electrolitos para controlar el dopado mientras se mantiene la conductancia de la disolución para el proceso de separación.

La célula se completa formando un cátodo 34 en el material compuesto, y un ánodo 36 ubicado a una distancia del cátodo, o "de manera remota" en relación con el mismo. Con el fin de optimizar la precisión y la eficiencia del proceso de delaminación, el ánodo puede estar ubicado cerca del punto de separación 16. A través de la colocación del ánodo, la formación de burbujas de hidrógeno puede concentrarse hacia la superficie de contacto de separación 16. Además, la presencia del recubrimiento opcional 11 sobre el primer sustrato 10 puede servir para impedir la reacción electrolítica sobre esas superficies del primer sustrato 10 que se cubre mediante el recubrimiento o la capa 11, concentrando de ese modo de manera efectiva la reacción en la superficie de contacto 16 durante el procedimiento de delaminación o separación. El cátodo se polariza negativamente y el ánodo se polariza positivamente, y ambos se conectan a una fuente de energía 38 que proporciona flujos de corriente eléctrica a través de la disolución 32. Puede utilizarse cualquier fuente de energía adecuada y puede aplicarse cualquier condición de voltaje y corriente apropiada. Por ejemplo, la fuente de energía puede construirse y disponerse para generar una corriente eléctrica que tiene una densidad de corriente de $0,5 \text{ A/cm}^2$ y un voltaje de 10 V. El voltaje depende enormemente del posicionamiento de los electrodos. La ubicación esencial para que se produzca la formación de gas es en el punto de separación 16. Se producirá burbujeo de gas en cada superficie conductora expuesta del cátodo de material compuesto que está sumergido en la disolución. La construcción de la fuente de energía considerar todo el flujo de corriente en el punto de separación y en otras partes. Como resultado, se emana hidrógeno en forma gaseosa en el cátodo 34 (que es el material compuesto 28), específicamente se forman burbujas 22 al menos en la superficie de contacto 16 entre el primer sustrato 10 y la al menos una capa de material 12.

Alternativamente, la formación de gas que ayuda a la separación puede ser de una composición diferente mediante el uso de una química diferente y la colocación del ánodo y del cátodo. Otros burbujeos de gas que pueden emplearse mediante electrólisis u otras reacciones electroquímicas incluyen, por ejemplo, oxígeno, nitrógeno o cloro.

Tal como se ilustra adicionalmente en la Figura 3, la disposición puede comprender además un primer rodillo de recogida 40, el primer rodillo de recogida está unido al segundo sustrato 18 y el al menos un material de capa 12 dispuesto sobre una superficie sobre el mismo. La conexión de estos al rodillo de recogida 40 pueden facilitarse mediante el uso de una película inicial 50, tal como se ilustra en la Figura 4. La película inicial 50 puede estar formada a partir de cualquier material adecuado, tal como un polímero. Los polímeros adecuados incluyen PET, PMMA, poliamida, PTFE y polietileno. A través de la ubicación del primer rodillo de recogida 40, se tira mecánicamente del segundo sustrato 18 y el material 12 en una primera dirección. El primer sustrato 10, y la capa o recubrimiento adicional opcional 11, puede estar conectado a un segundo rodillo de recogida 42. Tal como se ilustra en la Figura 3, puede utilizarse un rodillo guía opcional 48 para afectar a la dirección en la que se tira del primer sustrato 10 y la capa o recubrimiento adicional opcional 11 mediante el rodillo de recogida 42. Por tanto, tal como se ilustra claramente en la Figura 3, la al menos una capa de material 12 y el segundo sustrato 18 se alejan del rodillo de separación 46 en diferentes direcciones. Más específicamente, según la realización ilustrada en la Figura 3, el primer sustrato 10 y el recubrimiento opcional 11 se separan de la trayectoria curvada de la superficie del rodillo de separación 46, mientras que la al menos una capa de material 12 y el segundo sustrato 18 continúan siguiendo la superficie curvada del rodillo de separación 46 durante una distancia adicional antes de alejarse del rodillo de separación 46. Naturalmente, esta disposición puede modificarse según realizaciones alternativas. Por ejemplo, la posición relativa de los rodillos y/o capas del material compuesto pueden cambiarse de modo que la al menos una capa de material 12 y el segundo sustrato 18 se separen de la trayectoria curvada de la superficie del rodillo de separación 46, mientras el primer sustrato 10 y el recubrimiento opcional 11 continúan siguiendo la superficie curvada del rodillo de separación 46 durante una distancia adicional antes de alejarse del rodillo de separación 46.

De nuevo, el primer sustrato 10 y la capa o recubrimiento adicional opcional 11 pueden unirse al rodillo de recogida 42 mediante una conexión a través de una película inicial 52, tal como se ilustra en la Figura 4. La película inicial 52 puede estar formada a partir de cualquier material adecuado. Un material tal como un polímero, por ejemplo, cualquiera de los materiales mencionados anteriormente en relación con la descripción de la película inicial 50 será suficiente. Tal como se explicó previamente en el presente documento, la dirección en la que se tira del segundo

sustrato 18 y al menos un material de capa 12 diverge de la dirección en la que se tira del primer sustrato 10, y la capa o recubrimiento adicional opcional 11. Esta divergencia define un ángulo de separación α . El ángulo de separación puede tener cualquier valor adecuado, dependiendo de la naturaleza del procedimiento de delaminación, la cantidad de gas o burbujas de hidrógeno creadas en la superficie de contacto, y un número de diferentes factores.

5 Según ciertas realizaciones ilustrativas, un ángulo de separación α apropiado es de aproximadamente 5 grados a aproximadamente 60 grados. Por tanto, la combinación de fuerzas mecánicas divergentes y la creación de burbujas 22 en la superficie de contacto de separación 16 permite la separación de capas del material compuesto 28. Según la realización no limitativa ilustrada, esta técnica se utiliza para separar el segundo sustrato 18 y al menos un material de capa 12 del primer sustrato 10 y el recubrimiento opcional o la capa adicional 11.

10 Según aspectos alternativos adicionales de la presente invención, se proporcionan métodos y disposiciones que constituyen un proceso en línea. Un ejemplo no limitativo de tales métodos y disposiciones se ilustra esquemáticamente en la Figura 5. Esas características ilustradas allí, que también se describieron anteriormente en relación con los métodos y disposiciones mencionados anteriormente, se identifican usando los mismos números de referencia utilizados en las Figuras 1-4. Los diversos materiales y componentes descritos previamente y también identificados en la Figura 5 pueden tener cualquiera de las composiciones y/o configuraciones características descritas previamente. Tal como se ilustra, por ejemplo, en la Figura 5, los métodos y las disposiciones pueden comenzar con un primer sustrato 10. Este primer sustrato 10 puede proporcionarse, opcionalmente, en forma de un rodillo de suministro 8. Al menos una capa de material 12 se forma sobre al menos parte de una superficie del primer sustrato 10. La al menos una capa de material 12 puede formarse mediante cualquier técnica adecuada, tal como se describió previamente en el presente documento. Según una realización opcional, la al menos una capa de material 12 puede comprender grafeno puede depositarse mediante una técnica de deposición química en fase de vapor. Las particularidades de esta técnica se han descrito antes previamente en relación con otras realizaciones y se incorporan al presente documento mediante referencia. Con el fin de llevar a cabo la deposición química en fase de vapor de grafeno, se proporciona un aparato de deposición química en fase de vapor 54. El primer sustrato 10 puede alimentarse de manera continua a través de la cámara de deposición química en fase de vapor 54 con el fin de depositar la al menos una capa de material 12 sobre el mismo de manera continua.

30 El primer sustrato 10 y al menos un material de capa 12 sale de la cámara de deposición química en fase de vapor 54, y el primer sustrato 10 se dota opcionalmente de una capa o recubrimiento adicional 11 en otra superficie del primer sustrato 10. Esta capa o recubrimiento adicional 11 puede aplicarse mediante cualquier técnica adecuada tal como se describió previamente en el presente documento. El aparato apropiado para aplicar la capa o recubrimiento adicional 11 se ilustra esquemáticamente en la Figura 5 en el elemento 56.

35 El primer sustrato 10 junto con la al menos una capa de material 12, y la capa o recubrimiento adicional opcional 11 se combina entonces con el segundo sustrato 18. El segundo sustrato 18 puede aplicarse a una segunda superficie del al menos un material de capa de manera continua, utilizando cualquier técnica adecuada. Técnicas a modo de ejemplo para la aplicación del segundo sustrato se han descrito previamente, y se incorporan al presente documento mediante referencia. El aparato adecuado para la aplicación del segundo sustrato 18 según las técnicas adecuadas mencionadas anteriormente se ilustra esquemáticamente en la Figura 5 en el elemento 58.

45 Tras la aplicación del segundo sustrato 18, el material compuesto resultante 28 comprende un primer sustrato 10, al menos una capa de material 12, un segundo sustrato 18, y opcionalmente, la capa o recubrimiento adicional 11. Este material compuesto 28 se somete entonces a un procedimiento de delaminación o de separación. Según la realización ilustrativa, el primer sustrato 10, y la capa o recubrimiento adicional opcional 11 se separa de la al menos una capa de material 12 y el segundo sustrato 18. Aunque puede utilizarse cualquier técnica adecuada para esta delaminación o separación, los métodos y las disposiciones de la presente invención descritos en el presente documento son particularmente efectivos a este respecto. Por tanto, por ejemplo, la disposición de la Figura 3, y sus métodos relacionados descritos previamente en el presente documento, pueden utilizarse para proporcionar la delaminación o separación continua indicada anteriormente. Esta disposición se ilustra esquemáticamente en la Figura 5 en el elemento 60. Estas partes delaminadas o separadas pueden captarse de manera continua en rodillos de recogida, tal como se describió previamente en el presente documento.

55 Según otra realización, el proceso puede realizarse usando un primer sustrato 10, como en la realización anterior, excepto que el primer sustrato 10 puede ser rígido. El primer sustrato rígido 10 puede alimentarse a través de la cámara de deposición química en fase de vapor 54 con el fin de depositar la al menos una capa de material 12 sobre el mismo, tal como se describió anteriormente (por ejemplo, Figura 1A. Figura 5). El primer sustrato rígido 10 junto con la al menos una capa de material 12, y la capa o recubrimiento adicional opcional 11 se combina entonces con el segundo sustrato 18 (por ejemplo, Figura 1B). El segundo sustrato 18 está compuesto de un material flexible, puede aplicarse a una segunda superficie del al menos un material de capa de manera continua, utilizando cualquier técnica adecuada. Este material compuesto 28 se somete entonces a un procedimiento de delaminación o de separación tal como se ilustra en la Figura 1C'. Según la realización ilustrativa, el primer sustrato rígido 10, y la capa o recubrimiento adicional opcional 11 se separa de la al menos una capa de material 12 y el segundo sustrato 18. Según una realización opcional adicional, el proceso puede continuar para transferir la al menos una capa de material 12 a un tercer sustrato 24. En esta realización alternativa, el segundo sustrato 18 actúa como película de transferencia 18'. Este procedimiento opcional adicional y sus componentes asociados de la disposición contenidos

dentro del área delimitada por la línea discontinua en la Figura 5. Tal como se ilustra adicionalmente allí, un tercer sustrato 24 se aplica a una superficie del al menos un material de capa 12 (véase, por ejemplo la Figura 2). El tercer sustrato 24 puede aplicarse mediante cualquier técnica adecuada, tal como se describió previamente en el presente documento. El aparato asociado con la aplicación del tercer sustrato 24 se ilustra esquemáticamente en la Figura 5 mediante el elemento 62. Posteriormente, la película de transferencia 18' se retira de la al menos una capa de material mediante cualquier técnica adecuada. Estas técnicas incluyen el procedimiento de delaminación de la presente invención descrito previamente en el presente documento, una realización del cual se ilustra en la Figura 3. También pueden utilizarse técnicas de retirada adicionales descritas previamente y se incorporan al presente documento mediante referencia. El aparato asociado con la retirada de la película de transferencia 18' se ilustra esquemáticamente en la Figura 5 mediante el elemento 64. La estructura resultante está compuesta del tercer sustrato 24 y la al menos una capa de material 12 dispuesta sobre el mismo. Esta realización alternativa puede ser útil en el caso de que el sustrato de uso final al que debe aplicarse la al menos una capa de material 12 sea relativamente rígido y natural. Por tanto, el tercer sustrato 24 puede ser un material relativamente rígido formado a partir de cualquier sustancia adecuada, tal como se describió previamente en relación con la descripción de la Figura 2 anterior.

Otras realizaciones dentro del alcance de las reivindicaciones en el presente documento resultarán evidentes para un experto en la técnica a partir de la consideración de la memoria descriptiva o la puesta en práctica de la invención tal como se da a conocer en el presente documento. Se pretende que la memoria descriptiva se considere solo a modo de ejemplo, indicándose el alcance de la invención mediante las reivindicaciones.

En vista de lo anterior, se observará que se alcanzan las diversas ventajas de la invención y se consiguen otras ventajas.

Como pueden realizarse diversos cambios en los métodos y las composiciones anteriores sin apartarse del alcance de la invención, se pretende que toda la materia contenida en la descripción anterior debe interpretarse como ilustrativa y no en un sentido limitante.

El análisis de las referencias en el presente documento simplemente pretende resumir las afirmaciones realizadas por los autores y no se admite que ninguna referencia constituya la técnica anterior. Los solicitantes se reservan el derecho de cuestionar la exactitud y la pertinencia de las referencias citadas.

Cualquier número que exprese cantidades de componentes, constituyentes, condiciones de reacción, etcétera usado en la memoria descriptiva debe entenderse que está modificado en todos los casos por el término "aproximadamente". A pesar de los intervalos numéricos y parámetros expuestos anteriormente, el amplio alcance de la materia presentada en el presente documento son aproximaciones, los valores numéricos expuestos se indicada de una manera tan precisa como se posible. Sin embargo, cualquier valor numérico pueden contener de manera inherente ciertos errores o imprecisiones tal como resulta evidente a partir de la desviación estándar encontrada en sus respectivas técnicas de medición.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método que comprende:
- 5 formar al menos una capa de material (12) sobre al menos parte de una superficie de un primer sustrato (10), en el que una primera superficie de la al menos una capa de material (12) está en contacto con el primer sustrato definiendo de ese modo una superficie de contacto (16);
- 10 unir un segundo sustrato (18) a una segunda superficie de la al menos una capa de material (12);
- 10 formar burbujas (22) en la superficie de contacto (16):
- formando una disolución que comprende agua y electrolito,
- 15 sumergiendo al menos la superficie de contacto en la disolución,
- formando un cátodo (34) en el primer sustrato (10), al menos una capa de material, y
- 20 segundo sustrato (18); y
- 20 disponiendo un ánodo (36) en la disolución en una ubicación remota del cátodo (34) y cerca de un punto de separación del segundo sustrato (18) y al menos una capa de material (12), del primer sustrato (10);
- 25 conectando una fuente de energía (38) al cátodo (34) y al ánodo (36), y haciendo pasar una corriente eléctrica a través de la disolución generada mediante la fuente de energía (38); y
- 30 aplicando una fuerza mecánica;
- 30 mediante lo cual el segundo sustrato (18) y la al menos una capa de material (12) se separan conjuntamente del primer sustrato (10); en el que
- 35 el primer sustrato (110) se proporciona en forma de un rodillo de suministro (26);
- 35 la al menos una capa de material (12) se forma sobre el mismo de manera continua;
- 40 el segundo sustrato (18) se aplica a la segunda superficie de la al menos una capa de material (12) de manera continua
- 40 caracterizado porque
- 40 la fuerza mecánica aplicada comprende tirar del primer sustrato (10) en una primera dirección, y tirar del segundo sustrato (18) junto con la al menos una capa de material (12) en una segunda dirección, divergiendo las direcciones primera y segunda entre sí, definiendo de ese modo un ángulo (α) de separación.
- 45 2.- El método según la reivindicación 1, en el que la al menos una capa de material (12) tiene un grosor de menos de 1 nm.
- 3.- El método según la reivindicación 1, en el que la al menos una capa de material (12) comprende grafeno.
- 50 4.- El método según la reivindicación 1, en el que el primer sustrato (10) comprende cobre, rodio, rutenio, iridio, platino, cobalto, níquel, o cualquier combinación de los mismos, y el segundo sustrato (18) comprende un polímero.
- 55 5.- El método según la reivindicación 1, en el que el primer sustrato (10) comprende cobre, y el segundo sustrato (18) comprende poli(metacrilato de metilo) (PMMA) o poli(tereftalato de etileno) (PET).
- 60 6.- El método según la reivindicación 1, en el que el segundo sustrato (18) se une a la al menos una capa de material (12) mediante al menos uno de: adhesión a través de adhesivo, laminación, recubrimiento, pulverización e inmersión.
- 60 7.- El método según la reivindicación 1, que comprende además formar al menos una capa de un segundo material (11) sobre al menos parte de una superficie opuesta del primer sustrato (10), y en el que la al menos una capa del segundo material (11) comprende un polímero.
- 65 8.- El método según la reivindicación 1, en el que uno del primer (10) o segundo (18) sustrato es menos flexible que el otro sustrato.

9.- El método según la reivindicación 8, que comprende además unir la al menos una capa de material (12) a un tercer sustrato (24), y retirar el segundo sustrato (18).

10.- El método según la reivindicación 1, en el que:

el segundo sustrato (18) y la al menos una capa de material (12) se recogen de manera continua en un primer rodillo de recogida (40); y

el primer sustrato (10) se recoge de manera continua en un segundo rodillo de recogida (42).

11.- El método según la reivindicación 1, que comprende además unir una primera película inicial (50) al segundo sustrato (18) y al menos una capa de material (12), y unir una segunda película inicial (52) al primer sustrato (10).

12.- Una disposición para transferir al menos una capa de material (12) desde un primer sustrato (10) a un segundo sustrato (18), comprendiendo la disposición:

un rodillo de suministro (26) que comprende un rodillo de un material compuesto (28), comprendiendo el material compuesto (28) un primer sustrato (10), al menos una capa de material (12) en contacto con el primer sustrato (10) definiendo de ese modo una superficie de contacto (16), y un segundo sustrato (18) unido a una segunda superficie de la al menos una capa de material (12);

un recipiente (30) que contiene una disolución (32), comprendiendo la disolución agua y al menos un electrolito;

un cátodo (34) o ánodo definido en el material compuesto (28) cuando se dispone en la disolución (32);

un ánodo (36) o cátodo dispuesto en la disolución (32) en una ubicación remota del cátodo (34) o ánodo;

una fuente de energía (38) conectada al cátodo (32) y al ánodo (36);

un primer rodillo de recogida (40), el primer rodillo de recogida (40) unido al segundo sustrato (18)/ al menos una capa de material (12);

un segundo rodillo de recogida (42), el segundo rodillo de recogida (42) unido al primer sustrato (10);

en la que el cátodo (34) está construido y dispuesto para producir burbujas (22) en la superficie de contacto (16), y en la que el segundo rodillo de recogida (42) está construido y dispuesto para tirar del primer sustrato (10) en una primera dirección, y el primer rodillo de recogida (40) está construido y dispuesto para tirar del segundo sustrato (18) junto con la al menos una capa de material (12) en una segunda dirección, divergiendo las direcciones primera y segunda entre sí, definiendo de ese modo un ángulo (α) de separación, alejándose el primer sustrato (10), y el segundo sustrato (18) junto con la al menos una capa de material (12) de un rodillo de separación (46) en diferentes direcciones, y en la que

el primer sustrato (10) se separa de una superficie de rodillo curvada, a medida que el segundo sustrato (18) junto con la al menos una capa de material (12) continúa siguiendo la superficie de rodillo curvada durante una distancia adicional antes de alejarse del rodillo (46).

13.- La disposición según la reivindicación 12, en la que la al menos una capa de material comprende grafeno.

14.- La disposición según la reivindicación 12, en la que un ánodo está definido en el material compuesto (28) cuando se dispone en la disolución (32), y un cátodo está dispuesto en la disolución (32) en una ubicación remota del ánodo.

FIGURA 1

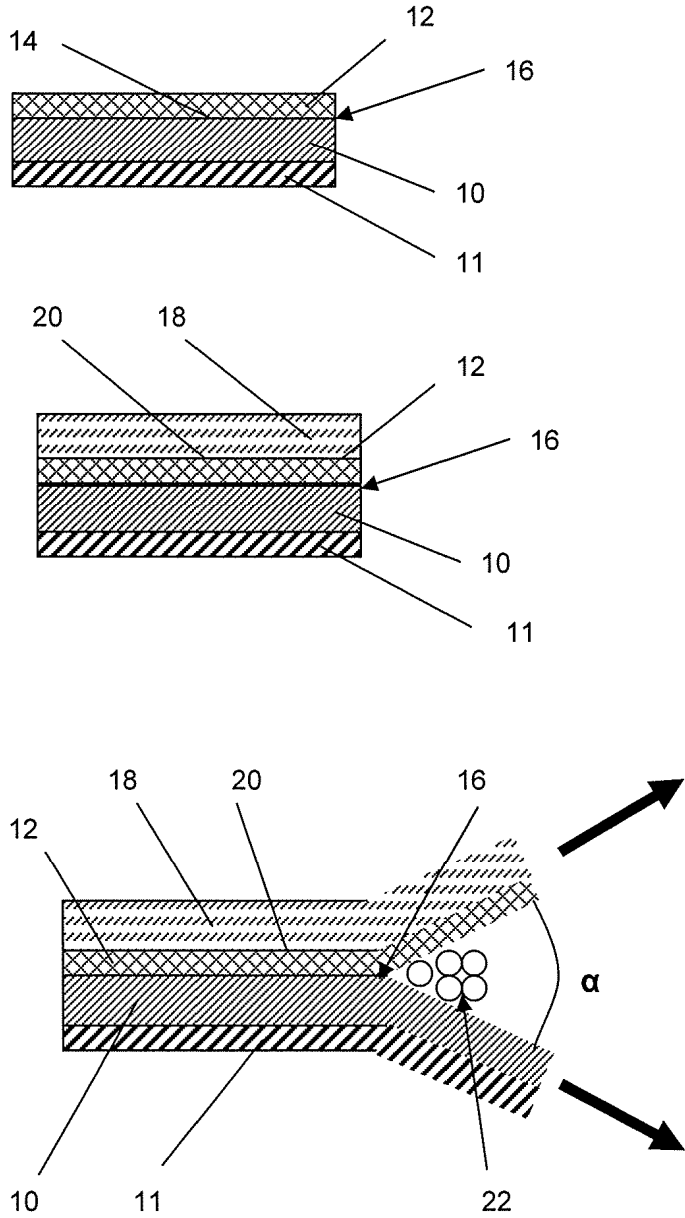
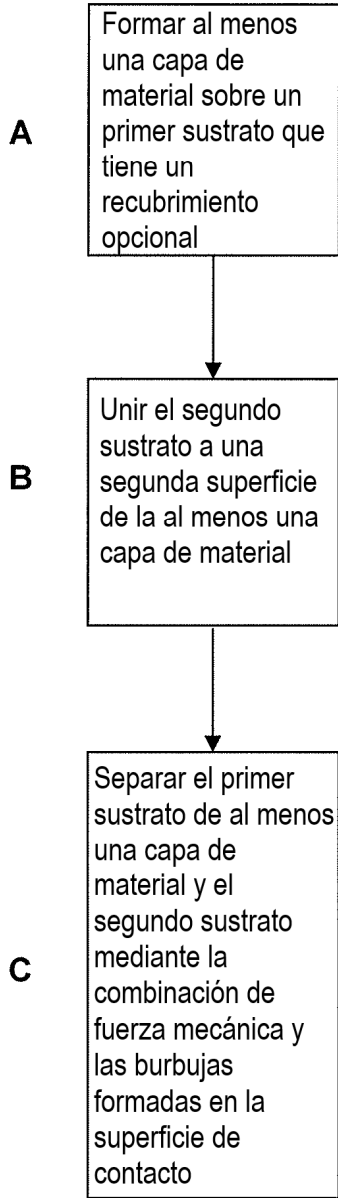


FIGURA 1C'

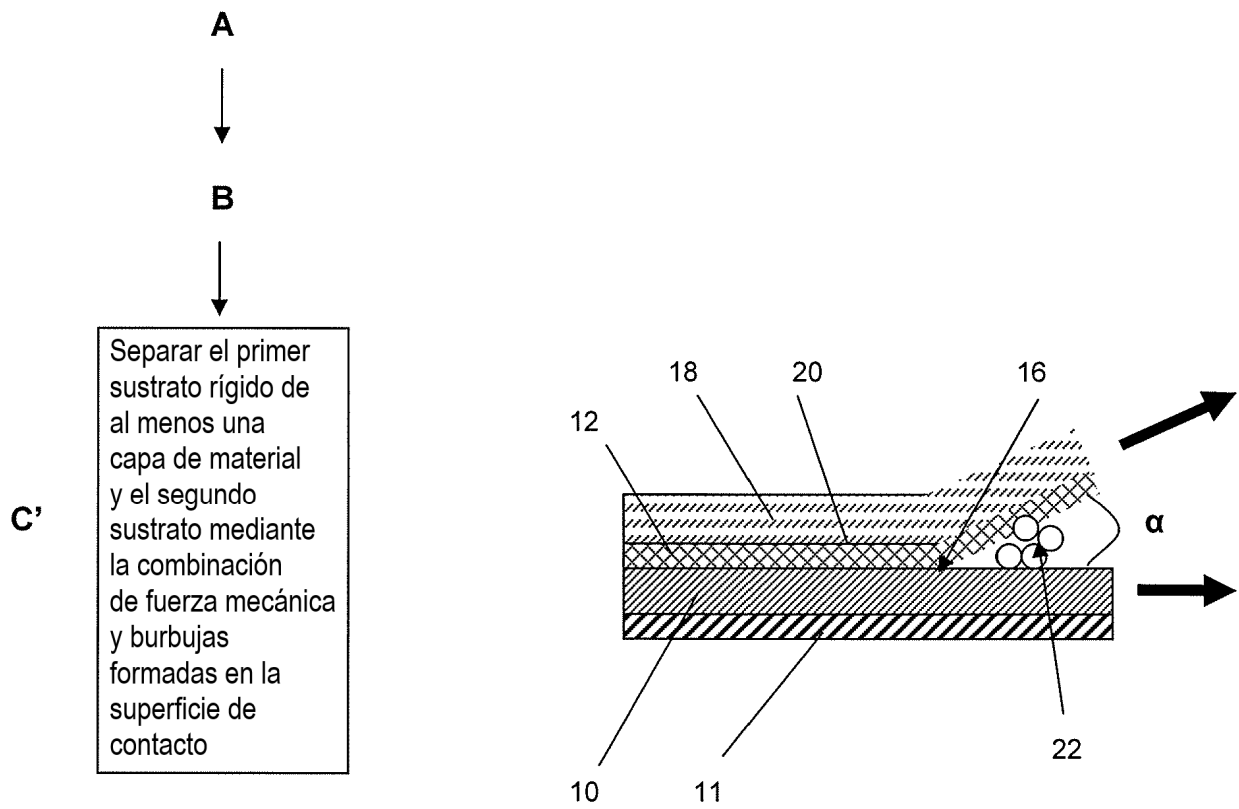


FIGURA 2

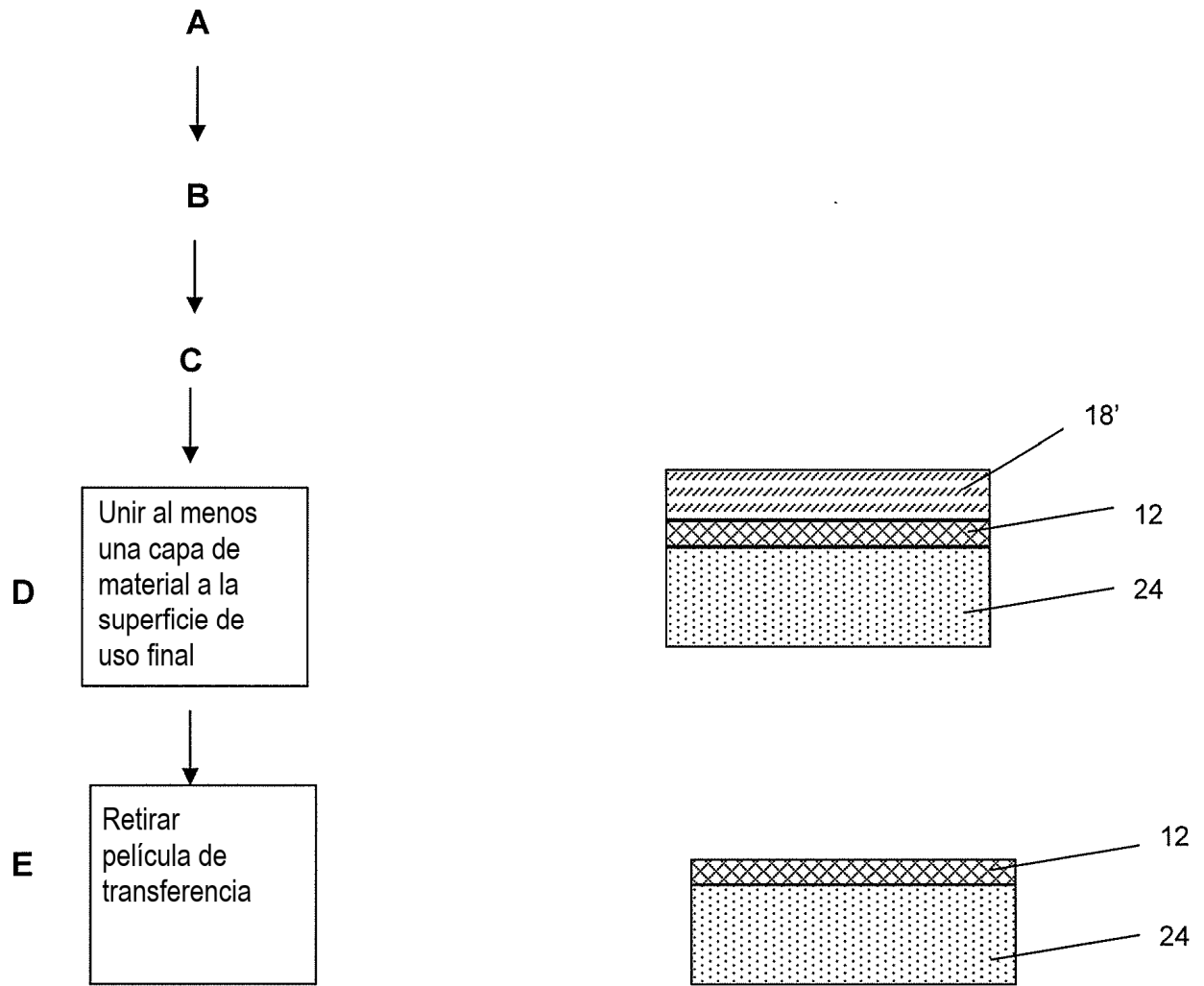


FIGURA 3

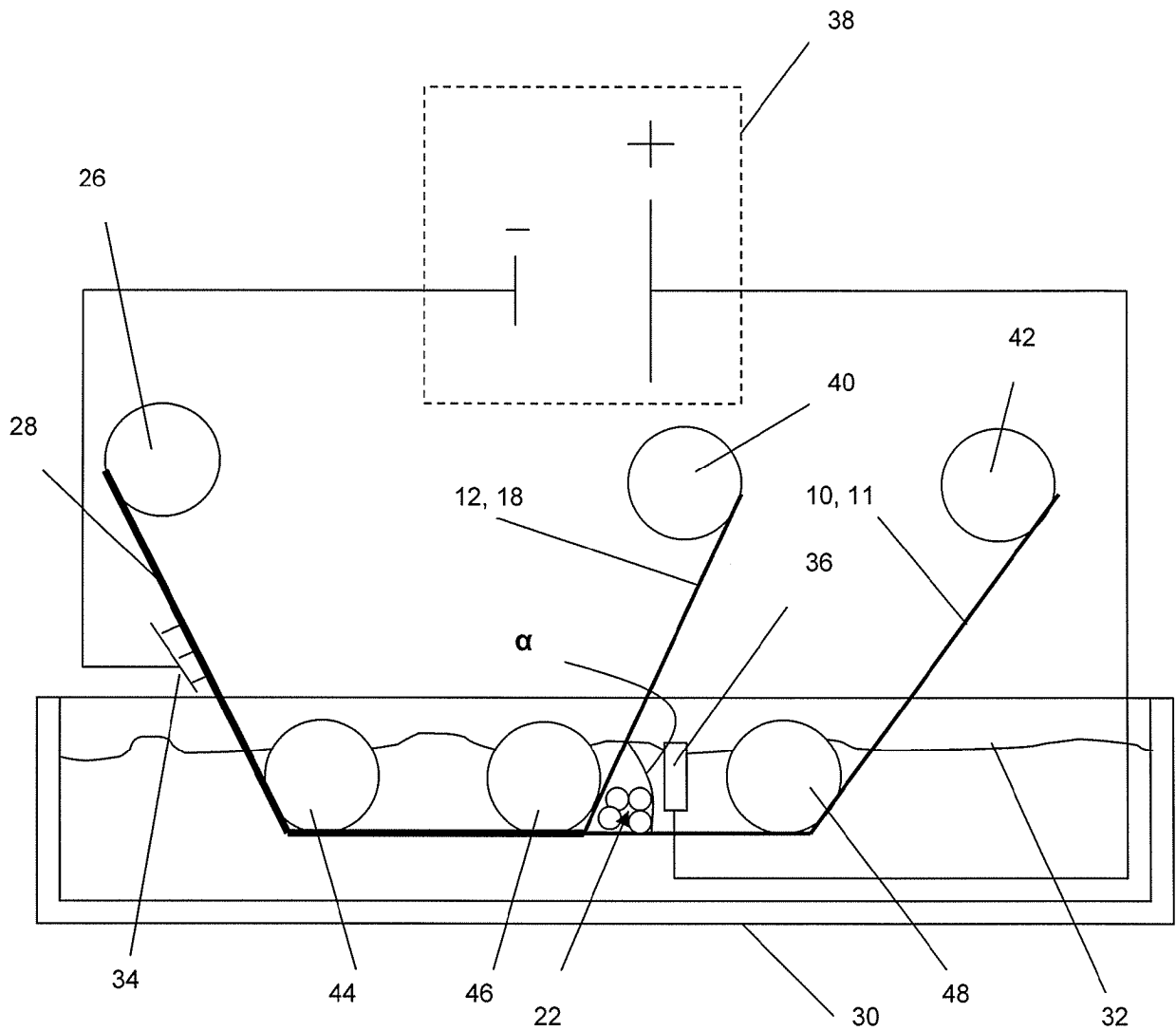


FIGURA 4

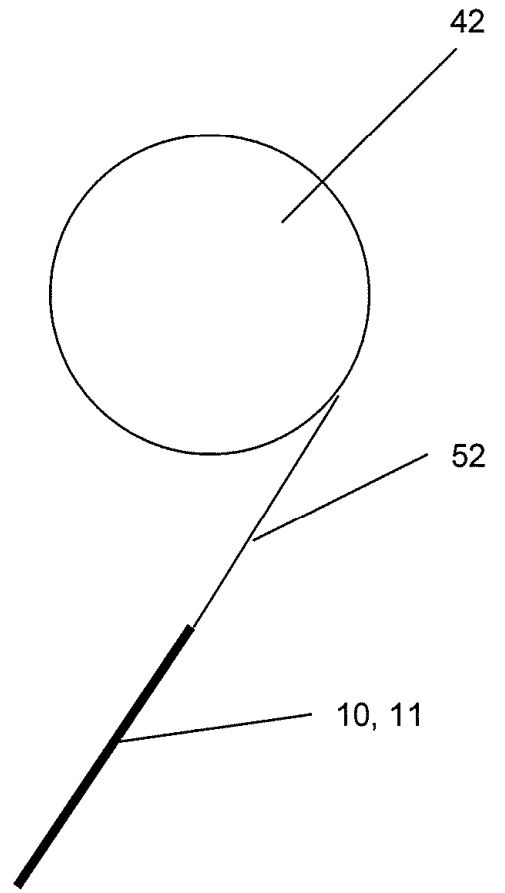
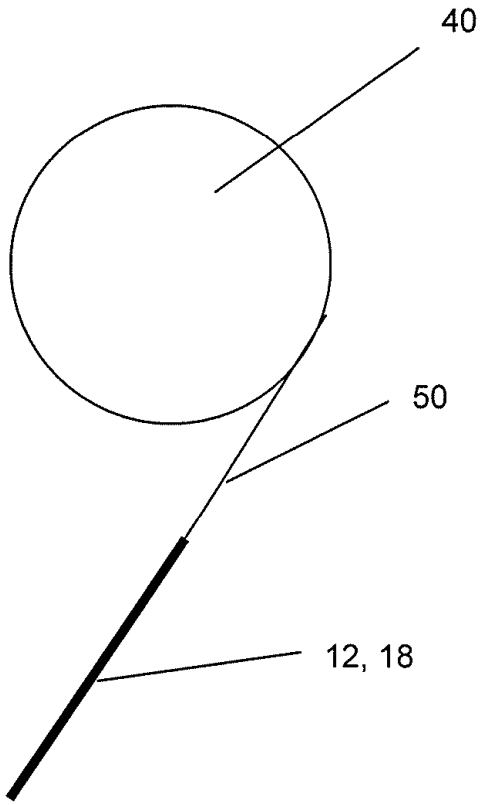


FIGURA 5

