

19

OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 387 017**51 Int. Cl.:
B81C 99/00 (2010.01)
H01M 8/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10194892 .5**
 96 Fecha de presentación: **14.12.2010**
 97 Número de publicación de la solicitud: **2360115**
 97 Fecha de publicación de la solicitud: **10.08.2011**

54 Título: **Método para fabricar un sello de polímero para la reproducción de dispositivos que consten de microestructuras y nanoestructuras, un sello de polímero y un dispositivo correspondiente**

30 Prioridad:
12.02.2010 EP 10153537

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.09.2012

73 Titular/es:
**Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH
Hahn-Meitner-Platz 1
14109 Berlin , DE y
Consejo Superior de Investigaciones Científicas**

72 Inventor/es:
**Senn, Tobias;
Esquivel-Bojoquez, Juan Pablo;
Sabaté-Vizcarra, Neus y
Lörger, Dr. Marcus**

74 Agente/Representante:
Izquierdo Faces, José

ES 2 387 017 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

Metodo para fabricar un sello de polimero para la reproducción de dispositivos que consten de microestructuras y nanoestructuras, un sello de polimero y un dispositivo correspondiente.

5

Campo de la invención

[0001] La presente invención hace referencia a un método para fabricar un sello de polímero para la reproducción de dispositivos que consten de microestructuras y nanoestructuras, un sello de polímero y un dispositivo que conste de microestructuras y nanoestructuras. En particular, hace referencia a microdispositivos que podrían utilizarse en un microsistema de pilas de combustible como sistemas de suministro de combustible o sistemas de gestión de agua con microestructuras y nanoestructuras. El dispositivo, preferentemente, está compuesto por polímero.

10

Antecedentes de la invención

15

[0002] Diferentes campos de la tecnología como la nanotecnología, la biotecnología o la óptica necesitan materiales o técnicas de fabricación para su futuro desarrollo. Gracias a la integración de las nano y microestructuras, se podrían conseguir unos dispositivos altamente funcionales en aplicaciones como la fluidica, los biochips o los cristales fotónicos. Se conocen diferentes procesos de micro y nanofabricación y técnicas de microestructuras tridimensionales. La creciente necesidad de dispositivos poliméricos ha llevado a que el micromaquinado basado en polímero tenga una mayor importancia. Debido a la gran variedad de materiales poliméricos, ofrecen una buena biocompatibilidad y resistencia química así como buenas propiedades ópticas para las aplicaciones fotónicas.

20

[0003] Las principales técnicas de reproducción de dispositivos basados en polímero son el moldeo por inyección, el estampado en caliente y el micromaquinado. Para la reproducción de nanodiseños, pueden utilizarse la tecnología de nanoimpresión (NIL) y la tecnología de nanoimpresión UV. Aparte de ello, se han creado técnicas de litografía suave tales como la impresión por microcontacto (CP) y el micromoldeo que ofrecen nuevas posibilidades de nanoestructuración.

25

[0004] Sin embargo, con el estampado en caliente es difícil reproducir características estructurales positivas y negativas debido a las diferentes condiciones durante el moldeo. Además, es difícil formar agujeros pasantes mediante el estampado en caliente. Los agujeros pasantes son necesarios, por ejemplo, en los microsistemas de pilas de combustible. El moldeo por inyección, en cambio, normalmente necesita equipos caros.

30

[0005] Para mejorar más las pilas de combustible, han de resolverse algunos problemas generales. Uno de los problemas es el suministro de combustible. El combustible debe ser transportado al ánodo, donde tiene lugar la reacción. Durante la reacción, se produce CO₂, que debe transportarse fuera del sistema para evitar que suponga un obstáculo para el combustible. Por consiguiente, la separación del líquido y el gas y el transporte del gas fuera del dispositivo es un factor decisivo para la mejora de las pilas de combustible. Ambos problemas pueden resolverse explotando las propiedades humectantes de las superficies. Por ejemplo, el combustible utilizado en dichas aplicaciones puede ser fácilmente transportado al ánodo a través de canales hidrófilos. El CO₂, por otro lado, puede separarse y transportarse fuera del dispositivo a través de canales hidrófobos. De este modo, un dispositivo que sea capaz de resolver esos problemas puede contener tanto canales hidrófilos como canales hidrófobos. Aparte de los problemas de transporte, debe suministrarse el combustible al sistema. Por lo tanto, debe haber integrado en dicho dispositivo también un agujero pasante para el suministro de combustible, lo que resulta difícil de formar con estampado en caliente.

35

40

45

[0006] En US 20060029858 A1 un medio de difusión para su uso en una pila de combustible PEM contiene zonas hidrófobas e hidrófilas para una mejor gestión del agua. Se utiliza un polímero hidrófobo como, por ejemplo, una fluororesina, para definir las zonas hidrófobas, y se utiliza un polímero electroconductor como, por ejemplo, la polianilina o el polipirrol, para definir las zonas hidrófilas. Sin embargo, deben utilizarse dos polímeros diferentes para formar dichos canales, lo que hace que el proceso de fabricación sea muy complejo.

50

[0007] DE 102 32 129 A1 revela un dispositivo de distribución de fluidos para un electrodo electroquímico, en el que se utilizan revestimientos para formar las zonas hidrófobas y las zonas hidrófilas. Sin embargo, un revestimiento presenta una vida útil limitada. Además, cada producto final debe cubrirse por separado con el revestimiento para producir las zonas hidrófobas y las hidrófilas.

55

[0008] La publicación de solicitud de patente US 2009/041986 A1 nos habla de la formación en primer lugar de nanoestructuras en un sustrato seguido posteriormente por la formación de capas microestructuradas sobre las nanoestructuras. Las microestructuras se forman mediante métodos litográficos. Estos métodos utilizan un efecto de ensombrecimiento para formar las estructuradas que no permite que se formen estructuras en las paredes laterales. El artículo jerárquico que se obtiene de esta manera puede utilizarse como molde para generar una réplica que posea una imagen en relieve negativo del artículo jerárquico original.

60

Resumen de la invención

- 5 **[0009]** Es por tanto objeto de la presente invención el de proporcionar un método para fabricar un sello o molde de polímero así como un dispositivo a partir del sello o molde de polímero, en el que las nanoestructuras y microestructuras estén incorporadas en el sello o molde y sean transferidas al dispositivo final a partir del sello o molde. Otro objeto es también el de proporcionar un dispositivo pasivo para un sistema de pila de combustible, que muestre zonas hidrófobas e hidrófilas de una manera simplificada y a menor coste para separar subproductos gaseosos de los combustibles líquidos.
- 10 **[0010]** Consiguientemente, en una primera realización, la presente invención proporciona un método para fabricar un sello o molde de polímero para la reproducción de dispositivos que constan de microestructuras y nanoestructuras, el método comprende los pasos de: disponer una lámina termoplástica, disponer un primer sustrato, configurar las nanoestructuras en la lámina termoplástica, configurar las microestructuras en el primer sustrato, cubrir la superficie del primer sustrato que comprende las microestructuras con la lámina termoplástica nanoestructurada, moldear un elastómero polimérico en el primer sustrato con nanoestructuras y microestructuras para formar un sello de polímero y desprender el sello de polímero.
- 15 **[0011]** El uso de la lámina tiene la ventaja de que las nanoestructuras pueden ser transferidas directamente a las microestructuras en todas sus dimensiones.
- 20 **[0012]** El paso de configurar nanoestructuras en la lámina termoplástica preferentemente comprende el paso de formar secciones hidrófilas a lo largo de una primera dirección y secciones hidrófobas a lo largo de una segunda dirección diferente organizando las nanoestructuras de tal manera que se extiendan a lo largo de una primera dirección, siendo la segunda dirección preferentemente perpendicular a la primera dirección.
- 25 **[0013]** El paso de configurar nanoestructuras en la lámina termoplástica comprende el paso de estampar en caliente las nanoestructuras en la lámina.
- 30 **[0014]** De forma alternativa, el paso de configurar nanoestructuras en la lámina termoplástica comprende los pasos de imprimir las nanoestructuras en la lámina termoplástica mediante litografía por nanoimpresión UV.
- 35 **[0015]** El paso de litografía por nanoimpresión UV comprende los pasos de formar una lámina termoplástica disponiendo una capa de material termoplástico, cubrir un lado de la capa de material termoplástico con una capa de material polimérico y cubrir el lado opuesto de la capa de material termoplástico con una capa de material de curado UV, hacer que hagan contacto un sello de polímero con cavidades de nanoestructuras y el lado de la capa de material termoplástico donde se aplica la capa de material de curado UV, rellenar las cavidades de nanoestructuras del sello de polímero con material de curado UV de la capa de material de curado UV, exponer el conjunto a radiación UV, y despegar el sello de polímero de la lámina termoplástica.
- 40 **[0016]** Puede formarse el sello de polímero con cavidades de nanoestructuras mediante los pasos de disponer un material de sustrato, cubrir el material de sustrato con una capa protectora, revestir con un metal el sustrato cubierto, despegar el metal parcialmente para formar nanoestructuras y grabar el sustrato.
- 45 **[0017]** El paso de cubrir la superficie del primer sustrato preferentemente comprende el paso de deformar la lámina termoplástica sobre las microestructuras mediante termoformación.
- [0018]** El paso de la termoformación preferentemente comprende calentar el primer sustrato con la lámina termoplástica encima a una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea de la lámina.
- 50 **[0019]** El paso de configurar nanoestructuras puede comprender al menos uno de los pasos de formar las nanoestructuras como líneas y espacios que se extiendan en la primera dirección.
- 55 **[0020]** El paso de configurar microestructuras preferentemente comprende al menos uno de los pasos de formar unas primeras microestructuras para que se extiendan a lo largo de una primera dirección para formar canales hidrófilos junto con las nanoestructuras que se extiendan en la mencionada primera dirección, y formar unas segundas microestructuras que se extiendan a lo largo de una segunda dirección diferente para formar canales hidrófobos junto con las nanoestructuras que se extiendan en la primera dirección.
- 60 **[0021]** El paso de configurar microestructuras puede comprender al menos uno de los pasos de cubrir el primer sustrato con una segunda capa protectora que sea fotoprotectora y llevar a cabo un proceso litográfico para formar microestructuras en la segunda capa protectora, y formar un agujero pasante a través de la segunda capa protectora y el primer sustrato. Sin embargo, el paso de configurar microestructuras no se limita a eso sino que podría llevarse a cabo mediante diferentes métodos, por ejemplo, mediante microfresado.
- 65 **[0022]** El agujero pasante puede formarse mediante grabado por hidróxido de potasio, grabado por ión altamente reactivo, microperforación o microfresado, o ablación láser. De forma ventajosa, el paso de realizar el moldeo del

sello y el producto final permite incorporar fácilmente un agujero pasante en el producto final necesario, por ejemplo, en las aplicaciones de pila de combustible. El agujero pasante y las microestructuras y nanoestructuras se forman en el producto final en un único paso de moldeo.

5 **[0023]** Se facilita además un método para reproducir dispositivos que comprendan microestructuras y nanoestructuras constando de los pasos de realizar el moldeo del material de un producto final sobre el sello de polímero que comprende las microestructuras y nanoestructuras fabricado mediante el método de fabricación de un sello de polímero de conformidad con la invención, en el que las microestructuras y nanoestructuras son transferidas durante el paso de moldeo del producto final, y de desprender el producto final del sello de polímero.

10 **[0024]** El material del producto final utilizado para realizar el moldeo puede ser un material polimérico.

15 **[0025]** Se facilita además un sello de polímero que consta de unas primeras microestructuras que se extienden a lo largo de una primera dirección, unas segundas microestructuras que se extienden a lo largo de una segunda dirección diferente de la primera dirección, y unas nanoestructuras que se hacen extender al menos a lo largo de la mencionada primera dirección, en el que las nanoestructuras se configuran en al menos una superficie de las primeras y/o segundas microestructuras y están formadas del mismo material que las propias microestructuras, y en el que la proporción dimensional de un único elemento de las nanoestructuras es mayor de 5, preferentemente mayor de 10. Las nanoestructuras se forman en la parte inferior y las paredes laterales de las primeras y/o segundas microestructuras del sello de polímero.

20 **[0026]** Además, se facilita un dispositivo que comprende unos primeros microcanales que se extienden a lo largo de una primera dirección, unos segundos microcanales que se extienden a lo largo de una segunda dirección diferente a la primera dirección, y unas nanoestructuras que se hacen extender al menos a lo largo de la mencionada primera dirección, en el que las nanoestructuras se configuran en la superficie de los microcanales y están formadas del mismo material que los propios microcanales, y en el que la proporción dimensional de un único elemento de las nanoestructuras es mayor de 5, preferentemente mayor de 10. Las nanoestructuras se forman en la parte inferior y las paredes laterales de los primeros y/o segundos microcanales.

25 **[0027]** En otras palabras, las nanoestructuras están formadas del mismo material que los propios microcanales o están formadas del mismo material que el material bruto del microdispositivo. Preferentemente, el dispositivo está compuesto por un único material o una combinación de materiales y las nanoestructuras están formadas por el material de este dispositivo. No se necesita ninguna capa, revestimiento o tratamiento químico con moléculas adicional. La topografía del material del sello de polímero cambia físicamente en su superficie. La superficie se funcionaliza mediante las estructuras topográficas.

30 **[0028]** El material del producto final utilizado para realizar el moldeo preferentemente está compuesto por materiales poliméricos. Puede estar compuesto por una fotoresina, una resina con base epóxica, un material de curado térmico, un material de curado UV, o un material termoplástico. Los materiales poliméricos en general tienen la ventaja de poseer una buena biocompatibilidad y estabilidad química y resistencia a combustibles como el etanol o el metanol así como buenas propiedades ópticas.

35 **[0029]** El dispositivo es preferentemente un único componente completamente integrado. No se necesita ningún conjunto.

40 **[0030]** Los microcanales constan de microestructuras como paredes laterales, en ellos, al menos en la parte inferior del microcanal, hay presentes nanoestructuras. También pueden estar presentes en las paredes laterales y en la pared superior de los microcanales.

45 **[0031]** De conformidad con la invención, puede emplearse un sencillo paso de moldeo de bajo coste sobre el sello de polímero para formar repetidas veces el producto final transfiriendo microestructuras y nanoestructuras al producto final.

50 **[0032]** Se hace hincapié en que el sello muestra la estructura inversa del producto final. Por consiguiente, la parte inferior del canal en el producto final será la parte superior del sello. Sin embargo, para facilitar la lectura y comprensión, a continuación normalmente haremos referencia a la orientación de las estructuras del producto final en vez de las del sello, a menos que se indique lo contrario de forma específica.

55 **[0033]** Con la presencia de las nanoestructuras en la lámina o en la superficie del sustrato, pueden crearse zonas hidrófilas e hidrófobas en las respectivas superficies sin ninguna capa ni revestimiento químico adicional. Las superficies se funcionalizan mediante nanoestructuras topográficas.

60 **[0034]** Además, alineando las microestructuras con las nanoestructuras, pueden crearse canales hidrófilos. Los canales poseen las microestructuras como paredes laterales y las nanoestructuras se forman al menos en la parte inferior de las microestructuras. Las microestructuras proporcionan guías para un fluido a lo largo de la dirección en la que están formadas las nanoestructuras. Sin embargo, a lo largo de una segunda dirección diferente, las

nanoestructuras se hacen cada vez más hidrófobas. La máxima hidrofobicidad se establece en una dirección perpendicular a la primera dirección. Si se forman ahora microestructuras también a lo largo de esta segunda dirección preferentemente perpendicular, se forman estructuras hidrófobas e hidrófilas simplemente mediante la alineación mutua o defecto de alineación de las nanoestructuras y microestructuras.

5 **[0035]** El paso de configurar microestructuras preferentemente comprende además al menos uno de los pasos de formar las primeras microestructuras con una anchura de 50-500 μm , preferentemente de 100-200 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferentemente de 50-200 μm , y formar las segundas microestructuras con una anchura de 1-100 μm , preferentemente de 5-50 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferentemente de 50-200 μm .

10 **[0036]** La gama de tamaños de las microestructuras mejora su funcionalidad deseada como canales hidrófilos o hidrófobos.

15 **[0037]** El paso de configurar nanoestructuras comprende al menos uno de los pasos de formar las nanoestructuras con un paso de 50 nm-3500 nm, preferentemente 500-1000 nm, y/o disponer las nanoestructuras con una sección transversal que sea triangular, rectangular o con forma de columna y formar las nanoestructuras como líneas y espacios. La proporción dimensional de la altura a la anchura de las nanoestructuras es preferentemente mayor de 5, incluso más preferentemente mayor de 10.

20 **[0038]** La gama de tamaños de las nanoestructuras o nanodiseños maximiza su carácter distintivo de ser hidrófilo en una primera dirección e hidrófobo en una segunda dirección diferente.

25 **[0039]** Las líneas y espacios proporcionan una manera muy sencilla de dirigir fluidos en la dirección en la que deben extenderse. En la dirección de las líneas y espacios, las nanoestructuras son hidrófilas. En una segunda dirección diferente, su carácter se hace hidrófobo, con una hidrofobicidad máxima a lo largo de la dirección perpendicular.

[0040] La segunda capa protectora preferentemente está compuesta por polimetilmetacrilato, resinas fenólicas o resinas epóxicas.

30 **[0041]** Antes del paso de realizar el moldeo de un elastómero polimérico sobre el primer sustrato, el método puede comprender además los pasos de cortar el primer sustrato para obtener un premodelo que conste del primer sustrato nanoestructurado y de la resina microestructurada, y fijar el premodelo en un segundo sustrato.

35 **[0042]** El elastómero polimérico preferentemente está compuesto por polidimetilsiloxano (PDMS). El PDMS tiene de forma ventajosa una tasa de absorción relativamente baja para aplicaciones UV.

40 **[0043]** Las nanoestructuras proporcionan un ángulo de contacto de 0° - 90° , preferentemente de 30° - 75° , a lo largo de la primera dirección, y de 90° - 160° , preferentemente de 110° - 150° , a lo largo de la segunda dirección. Preferentemente, tienen un paso de 50 nm-3500 nm, más preferentemente de 500-1000 nm. La proporción dimensional de la altura a la anchura de las nanoestructuras es preferentemente mayor de 5, incluso más preferentemente mayor de 10. Las nanoestructuras vienen preferentemente previstas de una sección transversal que es triangular, rectangular o con forma de columna. Pueden disponerse como líneas y espacios. Las líneas se extienden a lo largo de la primera dirección.

45 **[0044]** Los primeros microcanales poseen una anchura de 50-500 μm , preferentemente de 100-200 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferentemente de 50-200 μm . Los segundos microcanales poseen una anchura de 1-100 μm , preferentemente de 5-50 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferentemente de 50-200 μm .

50 **[0045]** El dispositivo es preferentemente un microdispositivo. En una realización, el dispositivo forma parte de un microsistema de pila de combustible en el que el dispositivo es preferentemente un sistema de suministro de combustible, los primeros microcanales son microcanales de suministro de combustible, y los segundos microcanales son microcanales de salida de gas y el agujero pasante es un suministro de combustible. En otra realización, el dispositivo es un sistema de gestión de agua de un sistema de pila de combustible, los primeros microcanales son microcanales de salida del agua, los segundos microcanales se utilizan como suministros de reactivos y el agujero pasante es una salida del agua. El reactivo es preferentemente el oxígeno.

55 **[0046]** Por consiguiente, el dispositivo de conformidad con la invención puede utilizarse en aplicaciones de pila de combustible, en las que la separación de los líquidos y los gases y el transporte de los gases fuera del dispositivo se consigue mediante la disposición relativa de las primeras microestructuras a lo largo de la dirección de extensión de las nanoestructuras por un lado y de las segundas microestructuras a lo largo de una segunda dirección diferente, preferentemente perpendicular a ello, por otro lado.

60 **[0047]** Las superficies hidrófobas de los microcanales pueden utilizarse para la separación de gases. Las microestructuras, preferentemente las segundas microestructuras, pueden formar aperturas en las paredes laterales del dispositivo para la separación / salida de los subproductos gaseosos creados durante el funcionamiento de la pila de combustible.

65

[0048] Los microcanales permiten de manera ventajosa un flujo pasivo de fluidos.

5 [0049] El transporte es capilar e impulsado por difusión y por consiguiente el dispositivo de la presente invención puede utilizarse como un dispositivo pasivo para un sistema de pila de combustible. El transporte es también independiente de la orientación. El dispositivo puede integrarse en o acoplarse de forma sencilla a un microsistema de pila de combustible.

Breve descripción de los dibujos

10 [0050] Estas y otras características y aspectos de la presente invención se harán patentes y se apreciarán más fácilmente a partir de la siguiente descripción de algunas realizaciones ejemplo, tomadas conjuntamente con los dibujos que las acompañan, de los que:

15 La Fig. 1 muestra un primer paso de la fabricación de un sello de polímero de conformidad con una primera realización, la disposición de un sustrato.

La Fig.2 muestra un sustrato de la Fig. 1 cubierto con una primera capa protectora.

20 La Fig. 3 muestra un sustrato nanoestructurado de la Fig. 2.

La Fig. 4 muestra el sustrato nanoestructurado de la Fig. 3 cubierto con una segunda capa protectora.

La Fig. 5 muestra el sustrato nanoestructurado con microestructuras formadas en la parte superior.

25 La Fig. 6 muestra un premodelo que consta de microestructuras y nanoestructuras y un agujero pasante.

La Fig. 7 muestra el premodelo de la Fig. 6 acoplado a un segundo sustrato.

30 La Fig. 8 muestra el moldeo del sello de polímero.

La Fig. 9 muestra el sello de polímero.

La Fig. 10 muestra el producto final moldeado.

35 La Fig. 11 muestra una vista superior del sello de polímero de la Fig. 9.

La Fig. 12 muestra un corte a través del sello de polímero de la Fig. 11 a lo largo de la línea A-A.

40 La Fig. 13 muestra el paso de moldeo del producto final utilizando el sello de la Fig. 12.

La Fig. 14 muestra un corte a través de un producto final de una primera realización a lo largo de una línea A-A correspondiente de la Fig. 12.

45 La Fig. 15 muestra una aplicación de pila de combustible de dos dispositivos de conformidad con la presente invención.

La Fig. 16 muestra la medición de un ángulo de contacto de nanoestructuras en paralelo a su dirección de extensión y perpendicular a ella.

50 La Fig. 17 muestra un primer paso de una realización alternativa de la formación de un sello de polímero, de conformidad con la invención, la disposición de una lámina.

La Fig. 18 muestra la lámina de la Fig. 17 configurada con nanoestructuras.

55 La Fig. 19 muestra la lámina configurada de la Fig. 18 cubriendo un sustrato con microestructuras.

La Fig. 20 muestra un paso de moldeo sobre el dispositivo de la Fig. 19.

60 La Fig. 21 muestra el sello de polímero moldeado de conformidad con una segunda realización.

La Fig. 22 muestra el moldeo de un producto final utilizando el sello de la Fig. 21.

La Fig. 23 muestra el producto final desprendido.

65 La Fig. 24 muestra un sustrato con nanoestructuras utilizado en una segunda realización de formación de una lámina nanoestructurada.

La Fig. 25 muestra un sustrato con nanoestructuras de la Fig. 24 cubierto con una capa polimérica.

La Fig. 26 muestra una capa polimérica despegada con cavidades nanoestructuradas en su superficie superior.

La Fig. 27 muestra una lámina termoplástica que consta de tres capas, una capa de material termoplástico en el medio, una capa polimérica debajo y una capa de material de curado UV en la parte superior.

Las Figuras 28 y 29 muestran el contacto entre la capa polimérica con cavidades nanoestructuradas y la lámina termoplástica.

La Fig. 30 muestra la lámina termoplástica despegada con nanoestructuras que se extienden desde su superficie superior tras la exposición a UV.

La Fig. 31 muestra el proceso de termoformación de la lámina termoplástica sobre un sustrato microestructurado.

La Fig. 32 muestra un paso de moldeo de la realización del moldeo de un material polimérico sobre el sustrato cubierto por lámina de la Fig. 31.

La Fig. 33 muestra un paso de moldeo de la realización del moldeo de un producto final sobre el material polimérico despegado de la Fig. 32.

La Fig. 34 muestra un producto final con nanoestructuras y microestructuras.

Descripción detallada de los dibujos

[0051] Las Figuras 1 a la 10 muestran el método para fabricar un sello o molde de polímero de la Fig. 9 y un producto final de la Fig. 10 de conformidad con una primera realización. Como ejemplo, el sello se forma para producir un componente para un sistema de pila de combustible. Sin embargo, también son posibles otras aplicaciones como la óptica. Por consiguiente, la fabricación del sello y del producto final mismo no está limitada a las aplicaciones de pila de combustible sino más bien a aplicaciones que necesitan la formación de nanoestructuras junto con microestructuras.

[0052] La Fig. 1 muestra el primer paso del método para fabricar un sello de polímero con nanoestructuras y microestructuras de conformidad con la primera realización, la disposición de un primer sustrato 1. El primer sustrato 1 puede ser una pastilla de silicio, puede comprender vidrio o un polímero termoplástico, pero no se limita a ello. El primer sustrato 1 puede estar formado por un único material o una mezcla de materiales o puede constar de diferentes capas.

[0053] En un segundo paso, las nanoestructuras 3 son transferidas a la superficie del primer sustrato. Esto puede hacerse mediante procesos de nanolitografía, preferentemente mediante litografía UV, litografía de nanoimpresión, estampado en caliente, litografía de haz electrónico, litografía de interferencia y litografía de interferencia por rayos X.

[0054] En una realización ejemplo, el paso de configurar las nanoestructuras 3 en el primer sustrato 1 preferentemente comprende los pasos de cubrir el primer sustrato con una primera capa protectora tal y como se muestra en la Fig. 2. Después, las nanoestructuras se transfieren a o forman en la primera capa protectora mediante uno de los procesos de nanolitografía mencionados anteriormente. Por ejemplo, las nanoestructuras pueden ser líneas y espacios tal y como se muestra en la Fig. 3. Sin embargo, las líneas pueden también constar de diferentes elementos tales como columnas, pirámides, etc. La sección transversal de las líneas o las nanoestructuras 3 puede ser rectangular, triangular, etc. Solamente es necesario proporcionar un espacio de las nanoestructuras 3 que sea menor en la primera dirección deseada que en la segunda y diferente dirección. El primer sustrato 1 con la primera capa protectora 2 nanoestructurada se cubre posteriormente con una capa metálica (que no se muestra). La primera capa protectora 2 se retira entonces con el metal en la parte superior, en la que las zonas del primer sustrato 1 sin la primera capa protectora 2 permanecen cubiertas por el metal. Estas partes cubiertas actúan como una máscara para un proceso de grabado de las nanoestructuras 3 en las partes del primer sustrato 1 no cubiertas con el metal. Por consiguiente, el grabado puede formar valles en la superficie del primer sustrato 1, y las partes cubiertas pueden permanecer como mesetas. En otras palabras, si la primera capa protectora 2 está configurada con líneas, las líneas se convierten en la parte inferior de los canales nanoestructurados, las partes cubiertas por metal forman espacios entre los canales conectando las paredes laterales de los canales. Por último, el metal se retira del primer sustrato 1 tal y como puede verse en la Fig. 3 y permanece una superficie nanoestructurada del primer sustrato.

[0055] El paso siguiente del proceso de fabricación se muestra en la Fig. 4, la formación de una segunda capa protectora 4 en la superficie nanoestructurada del primer sustrato 1. La segunda capa protectora 4 se configura entonces para mostrar las primeras microestructuras 5 y las segundas microestructuras 6 así como otras estructuras tales como paredes laterales adicionales 28 (Fig. 5). La estructura tal y como se muestra en la Fig. 5 rodeada por las segundas estructuras protectoras 28 es equivalente a la estructura del producto final.

[0056] En la presente realización, para, por ejemplo, formar un sistema de gestión de agua 26 o un sistema de suministro de combustible 22 de la Fig. 15, las primeras microestructuras 5 se forman a lo largo de la dirección de extensión de las nanoestructuras 3 formando así estructuras hidrófilas para el transporte de fluido. Las segundas microestructuras 6 se forman en una segunda dirección perpendicular a la dirección de extensión de las nanoestructuras 3 (siendo la dirección de los valles de la Fig. 5) formando así estructuras hidrófobas, que pueden utilizarse para separar líquidos de gases. El gas se transporta a lo largo de las segundas microestructuras 6 a la periferia de las estructuras fotoprotectoras 4. Las primeras y segundas microestructuras 5, 6 están conectadas únicamente mediante una zona de nanoestructuras 3.

[0057] En una realización preferente, también se forma un agujero pasante 7 a través de la segunda capa protectora 4 y el primer sustrato 1. Esto se hace preferentemente mediante grabado por hidróxido de potasio, grabado por ión altamente reactivo, microperforación o microfresado, o ablación láser.

[0058] El dispositivo se corta entonces a lo largo de la periferia de los diseños de la segunda capa protectora 4, preferentemente mediante un láser. El dispositivo recortado de la Fig. 6 podría denominarse un premodelo 9. El premodelo 9 ya consta de un agujero pasante 7, primeras y segundas microestructuras 5, 6, nanoestructuras 3 y paredes laterales adicionales 28. El premodelo 9 consta en la realización de ejemplo de una capa sustrato 1 con nanoestructuras 3 en su superficie y estructuras adicionales tales como primeras y segundas microestructuras 5, 6 y paredes laterales 28 en su superficie.

[0059] El premodelo 9 se fija entonces – preferentemente pero no limitándose a ello – a un segundo sustrato 8 (Fig. 7).

[0060] En un paso adicional, tiene lugar el primer proceso de moldeo, esto es, un material polimérico 10 se moldea sobre el premodelo 9 acoplado al segundo sustrato 8 tal y como se muestra en la Fig. 8. Para esto, puede utilizarse un marco alrededor del premodelo 9. En un paso final de la fabricación de un sello de polímero 11, el sello 11 se desprende del premodelo 9 (Fig. 9). El sello de polímero 11 ahora posee la estructura inversa del premodelo 9, esto es, donde el premodelo 9 tenía colinas, el sello 11 posee valles y viceversa. En la realización preferente, pero no restrictiva, también puede verse una estructura de fabricación de agujero pasante 14, una columna.

[0061] En un último paso, se rellena con el material del producto final el sello 11 y el producto final 12 de la Fig. 10 se forma mediante un proceso de moldeo. El producto final 12 posee los mismos elementos estructurales que el premodelo, esto es, un agujero pasante 7, primeras y segundas microestructuras 5, 6, nanoestructuras 3 y paredes laterales adicionales 28. Sin embargo, el producto final 11 está compuesto por un único material. Ya no hay ningún sustrato presente. Durante el moldeo, las micro y nanoestructuras son transferidas al producto final. El producto final posee unas aperturas 13 en sus paredes laterales que están en comunicación con segundos microcanales formados por los segundos microcanales 6 como paredes laterales y formando las nanoestructuras 3 la parte inferior de los microcanales. Los primeros microcanales 5 son perpendiculares a los segundos microcanales 6. Los primeros y segundos microcanales 5, 6 forman una estructura con forma de T. Las zonas de los primeros y segundos microcanales 5, 6 preferentemente no se solapan unas con otras, teniendo una zona, por ejemplo rectangular, con nanoestructuras 3 solamente en el medio que se utiliza para la separación de líquidos y gases. Como el líquido de combustible no puede entrar en los segundos microcanales hidrófobos, los subproductos gaseosos pueden escapar a través de dichos microcanales.

[0062] La Fig. 11 muestra una vista superior del sello de polímero de la Fig. 9. Las nanoestructuras 3 no se muestran de forma expresa en la Fig. 11, solamente se señala su ubicación mediante el signo de referencia 3. La Fig. 12 muestra un corte a través del sello de la Fig. 11 a lo largo de la línea A-A, una línea diagonal que comienza en una pared lateral del sello, a través de la estructura de fabricación de agujero pasante 14, las primeras microestructuras 5, una zona solamente nanoestructurada 3 y las segundas microestructuras 6. Se forman unas superficies nanoestructuradas hidrófilas 15 encima de las estructuras utilizadas para la fabricación de las primeras microestructuras 5. Sin embargo, se señala que el sello 11 muestra una estructura inversa como la del producto final 12, esto es, una columna del sello 11 de la Fig. 12 es un valle en el producto final 12. Por consiguiente, en el producto final 12, las superficies nanoestructuradas hidrófilas 15 son la superficie inferior de los microcanales 5 respectivos. Lo mismo sucede para las superficies nanoestructuradas hidrófobas 16 formadas en las segundas microestructuras inversas 6.

[0063] El proceso de moldeo del producto final 12 se muestra en la Fig. 13. Se rellena con el material de un producto final el sello 11. Para formar un agujero pasante 7, el nivel de material del producto final no excede la parte superior de la estructura de fabricación de agujero pasante 14. Durante el proceso de moldeo, las nanoestructuras se transfieren al producto final 12 tal y como se muestra en la Fig. 14. El agujero pasante 7 se forma junto con las nano y microestructuras 3, 5, 6 en un único paso de moldeo. El agujero pasante 7 podría utilizarse por ejemplo como una entrada 17 para el combustible 18.

[0064] En una realización detallada específica, pero no restrictiva, se utilizó el siguiente monómero como una segunda resina de curado UV 4: un diglicidil éter de bisfenol A (DGEBA). Se utilizó una sal de triarilsulfonio (TAS) como fotoiniciador. Como materiales para el sello 11, se utilizó un PDMS poli(dimetilsiloxano). Este tipo de PDMS es

adecuado como material del sello para aplicaciones UV ya que su característica de absorción muestra que tiene lugar una absorción relativamente baja.

[0065] Para la fabricación blanda del sello de la realización detallada, pero no restrictiva, se empleó un marco, que es adecuado para la fabricación de sellos de PDMS 11 de cuatro pulgadas. Para la fabricación modelo del sello en 3D 11, se revistió con una primera capa protectora positiva 2 un primer sustrato 1 de cuatro pulgadas, una pastilla de silicio, seguido por litografía UV para estructurar la capa protectora, la evaporación de Ni y un proceso de despegue para definir la máscara de grabado para las nanoestructuras 3. Las nanoestructuras 3 se transfirieron utilizando un proceso de grabado por ión reactivo seguido por la eliminación de níquel. Las estructuras como ejemplo pero no de forma restrictiva consisten en líneas y espacios con una anchura de 800 nm y 1,6 μm , respectivamente. En este primer sustrato 1 estructurado, se realizó una segunda exposición utilizando una resina 4 con base epóxica. Aquí, se revistió con una capa de 100 μm de grosor de la resina 4 con base epóxica el primer sustrato 1 y estructuró mediante litografía UV utilizando una máscara de lámina. En el último paso, las estructuras tridimensionales así elaboradas fueron separadas mediante una técnica de corte por láser. Así mismo, se realizó de ese modo un agujero pasante 7 para la entrada de suministro.

[0066] En el siguiente paso de la realización detallada, pero no restrictiva, se fabricó el sello 11. Se utilizó un prepolímero de PDMS. Para la transferencia de las nanoestructuras al sello de PDMS, la humectabilidad y viscosidad son factores decisivos para una buena precisión de la reproducción. Por consiguiente, la mezcla de PDMS se diluyó en un 70% p/p con tolueno para reducir la viscosidad y para aumentar las propiedades de humectabilidad. La mezcla se moldeó sobre el primer sustrato 1 y las estructuras unidas de la parte superior del primer sustrato 1 y se dejó sin alterar durante 24 horas para dejar suficiente tiempo para que la solución penetrara en la estructura. Entonces se calentó hasta llegar a los 70°C durante 30 minutos para asegurar un completo curado y la evaporación del solvente. Tras el curado, el sello de PDMS podía despegarse fácilmente del modelo estructurado. Para la reproducción de las nanoestructuras y microestructuras, se utilizó una mezcla de DGEBA con un 5% p/p de TAS. Esta mezcla se moldeó sobre el sello de PDMS 11 y se desgasificó durante 5 minutos. Entonces, se colocó una lámina fina de policarbonato sobre el sello 11 para definir la calidad superficial de la reproducción. La exposición se realizó con una dosis de 1.440 mJ/cm^2 . La parte micro y nanoestructurada curada podía despegarse fácilmente de la estructura del modelo y desprenderse de la lámina de policarbonato.

[0067] La Fig. 16 muestra una aplicación de pila de combustible del producto final o dispositivo 12. Aquí, el dispositivo formado de conformidad con la invención, que es un ejemplo pero no es restrictivo, utilizó un sistema de suministro de combustible 22 y un sistema de gestión de agua 26 de una pila de combustible. Un primer dispositivo 12 formado de conformidad con la invención se coloca sobre un primer electrodo 23, preferentemente un ánodo. El agujero pasante 7 se utiliza como una entrada 17 para el combustible 18. El primer dispositivo 12 se coloca al revés con respecto a la Fig. 12 en el primer electrodo 23 y se acopla a ello. El primer electrodo 23 se acopla en la parte inferior a una membrana 24 que está acoplada en la parte inferior a un segundo electrodo 25, preferentemente un cátodo. El cátodo 25 se acopla en la parte inferior a un segundo dispositivo 12 de la invención. El segundo dispositivo 12 de la invención está orientado de la manera que se muestra en la Fig. 12.

[0068] El primer dispositivo 12 es un sistema de suministro de combustible 22. El combustible se suministra a través del agujero pasante 7. El agujero pasante 7 está en comunicación con los primeros microcanales formados por las primeras microestructuras 5 y las nanoestructuras 3. Guían un fluido a la membrana 24 donde tiene lugar la reacción. Los subproductos gaseosos de la reacción se separan del combustible 18 a través de las nanoestructuras 3 y son guiados a lo largo de los segundos microcanales formados por las segundas microestructuras 6 y las nanoestructuras 3. En el lado del cátodo, el agua 21 sale del sistema de gestión de agua 26 a través del agujero pasante 7 correspondiente. Se alimenta oxígeno como reactivo a través de los segundos microcanales al cátodo 25.

[0069] Las nanoestructuras 3 se utilizan para cambiar las propiedades humectantes de las superficies. El dispositivo 12 aquí presentado utiliza este efecto para integrar los canales hidrófobos e hidrófilos 6, 5. Aparte de ello, debido al proceso de moldeo utilizado, podría crearse un agujero pasante 7 para llevar a cabo un suministro de combustible 17. Se realizaron mediciones del ángulo de contacto tal y como se muestra en la Fig. 16 para medir el tamaño estructural optimizado para la realización del sistema de suministro de combustible. En este sistema, es importante que se maximice la diferencia entre las propiedades hidrófobas e hidrófilas de los canales. Por ejemplo, las estructuras de líneas y espacios 3 muestran diferentes ángulos de contacto dependiendo de la dirección. Para la dirección transversal, se midieron unos ángulos de contacto mayores que los paralelos a las líneas.

[0070] Para un ensayo a modo de ejemplo, se utilizó una estructura que estaba compuesta de líneas y espacios con una anchura y paso de las líneas de 800 nm y 1,6 μm , 3,2 μm y 6,4 μm , respectivamente. Estas estructuras se grabaron a 1 μm de profundidad en el sustrato de silicio y se reprodujeron tal y como se ha descrito anteriormente. Los resultados de la medición del ángulo de contacto se resumen en la Fig. 16. La mayor diferencia entre el funcionamiento hidrófobo e hidrófilo se da en estructuras con líneas y espacios de 800 nm y 1,6 μm de anchura. Aparte de la medición de la resina estructurada, también se midió la resina pura y una muestra de una capa fotoprotectora negativa de base epóxica no estructurada. La medición de la capa fotoprotectora negativa de base epóxica es importante porque la estructura final puede acoplarse a capas fotoprotectoras negativas de base epóxica para conseguir canales cerrados, esto es, para formar un tope en la estructura. Sin embargo, pueden utilizarse

diferentes materiales. El resultado de estas mediciones muestra que ambos materiales poseen un ángulo de contacto de aproximadamente 65° y por lo tanto presentan propiedades hidrófilas.

5 **[0071]** Basándose en los resultados de la medición del ángulo de contacto, se desarrolló un diseño para explotar el efecto de las propiedades humectantes de la estructura dependientes de la dirección. Por lo tanto, el diseño se eligió como aparece en la Fig. 12. Las estructuras de canal hidrófilo 5 se alinearon en paralelo a las líneas nanoestructuradas 3 y los canales hidrófobos 6 ortogonales a las líneas 3. La altura del canal puede ser de $100\ \mu\text{m}$. A modo de ensayo, se puso una gota de una solución al 5 % molar de etanol en la entrada del dispositivo 12. La solución pasa fácilmente a través de los canales hidrófilos 5 y la zona hidrófila adyacente a los canales 5, conectando los canales hidrófilos 5 con los canales hidrófobos 6. Sin embargo, como las propiedades humectantes de los canales con líneas ortogonales difieren enormemente de las del canal con líneas paralelas, la solución no puede entrar en los canales ortogonales 6.

15 **[0072]** Debido a este efecto, podría crearse un sistema que puede utilizarse como un sistema de suministro de combustible para aplicaciones de pila de combustible. El combustible 18 puede transportarse a través de los canales hidrófilos 5 a la zona del medio de la estructura desde donde puede proporcionarse a la pila de combustible. El CO_2 que se produce durante la reacción puede escapar a través de los canales hidrófobos 6.

20 **[0073]** Así, se cambiaron las propiedades humectantes de los canales 5, 6 utilizando nanoestructuras sin ningún tratamiento químico adicional.

25 **[0074]** Las Figuras 17 a la 23 muestran el método para fabricar primero un sello de polímero de la Fig. 21 y un producto final de la Fig. 23 de conformidad con una segunda realización alternativa. La segunda realización es similar a la primera realización, excepto la formación de las nanoestructuras. Por eso, solamente se describen a continuación las diferencias con respecto a la primera realización. Se hace bastante referencia a la descripción de la primera realización.

30 **[0075]** En primer lugar, se dispone una lámina termoplástica 27 tal y como se muestra en la Fig. 17. Después, se forman las nanoestructuras 3 sobre la lámina 27, preferentemente mediante estampado en caliente (Fig. 18). La lámina 27 con las nanoestructuras 3 se coloca posteriormente sobre un primer sustrato 1 que cuenta con microestructuras 5, 6 tal y como se ha descrito anteriormente. La lámina 27 se deforma preferentemente para cubrir la superficie del primer sustrato 1 mediante termoformación (Fig. 19). En un paso más, se moldea un material polimérico, preferentemente PDMS, sobre el primer sustrato 1 tal y como se describe en la primera realización (Fig. 20). El sello 11 aparece desprendido en la Fig. 21 y el producto final se moldea sobre el sello 11 (Fig. 22) y se desprende (Fig. 23).

35 **[0076]** El producto final 12 así obtenido tiene la ventaja de que las nanoestructuras no se forman solamente en la parte inferior de los microcanales, sino también en sus paredes laterales y superiores. Esto mejora de forma adicional las propiedades hidrófilas / hidrófobas de los canales.

40 **[0077]** De la misma manera que las Figuras 17-19 muestran una primera realización del método para formar una lámina nanoestructurada 27, las Figuras 24 a la 31 muestran una segunda realización alternativa de este paso.

45 **[0078]** En un primer paso de la segunda realización, se fabrica un sello 31, que preferentemente está compuesto por un material semiconductor, que incluso más preferentemente consiste en silicio, con nanoestructuras 3 sobre su superficie superior (Fig. 24). Esto puede hacerse tal y como se ha descrito anteriormente revistiendo por giro con una capa protectora un material de sustrato, revistiendo el sustrato cubierto con un metal, por ejemplo, níquel, despegando el metal en determinadas zonas y finalmente grabando para recibir el sello nanoestructurado 31.

50 **[0079]** A partir de este sello 31 puede fabricarse un sello de polímero 33 moldeando un material polimérico 32, preferentemente PDMS, sobre el sustrato estructurado 31. Después, el material polimérico 32 se somete a curado y despegando para formar el sello de polímero 33 (Fig. 26).

55 **[0080]** En el paso siguiente, se prepara una lámina termoplástica 27 con nanoestructuras para el proceso de termoformación posterior. La lámina 27 ahora consta de diferentes capas. Primero, una capa de material termoplástico 27a se cubre con una capa de material polimérico 27b en su parte trasera, por ejemplo, mediante revestimiento por giro del PDMS en la parte trasera de la capa de material termoplástico 27a. El material polimérico 27b se somete a curado posteriormente. El grosor de la capa polimérica 27b está preferentemente entre los $10\ \mu\text{m}$ y los $30\ \mu\text{m}$. Luego, se forma una capa 27c de material de curado UV en la parte delantera del material termoplástico 27a para el paso UV-NIL, preferentemente mediante revestimiento por giro. El material de curado UV es preferentemente el epoxi. El grosor de la capa 27c de material de curado UV depende de la altura de las estructuras deseadas formadas en la lámina 27a. La lámina de tres capas 27 puede verse en la Fig. 27.

60 **[0081]** En un paso posterior, el sello de polímero 33, preferentemente un sello de PDMS, se pone en contacto con la lámina revestida 27 (véase la Fig. 28). Al hacer contacto y aplicar presión, las cavidades del sello de polímero se rellenan con el material de curado UV líquido. Después, el sello, junto con la lámina 27, se expone a radiación UV

para curar el material 27c de curado UV (Fig. 29). Por último, el sello de polímero 33 se despegas de la lámina 27 para obtener una lámina estructurada 27 con nanoestructuras en la parte superior tal y como se muestra en la Fig. 30 (exagerado).

5 **[0082]** En un paso de proceso de termoformación, la lámina estructurada 27 se aplica entonces a un primer sustrato 1 con primeras y segundas microestructuras 5, 6 de la Fig. 31. La lámina estructurada 27 se deforma para alinearse con el sustrato 1 y el conjunto se calienta hasta una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea de la lámina 27. Se aplica presión para inyectar la lámina en las inserciones entre las microestructuras 5, 6 del sustrato y el conjunto se enfría para obtener una lámina 27 manteniendo su forma y figura. Por último, se libera la presión.

10 **[0083]** A partir de esto, podría formarse un sello de polímero 11 mediante un proceso de moldeo. Se moldea un material polimérico 10, preferentemente PDMS, sobre el sustrato 1 cubierto por la lámina (Fig. 32). El material polimérico se somete a curado y se despegas del sustrato 1.

15 **[0084]** Entonces, se moldea el producto final de polímero 12 en el sello de polímero 11 y se somete a curado mediante exposición UV. Por último, se desprende el producto de polímero curado 12 que posee nanoestructuras 3 y microestructuras 5, 6 (Fig. 34).

20 **[0085]** En contraste con la primera realización de la estructuración de la lámina tal y como se muestra en las Figuras 17-23, la segunda realización, tal y como se muestra en las Figuras 24-34, emplea un proceso UV-NIL en vez de estampado en caliente de nanoestructuras en la lámina 27. Este proceso de UV-NIL permite el uso de mayores temperaturas y presión sin afectar a la calidad de las nanoestructuras. Pueden conseguirse proporciones dimensionales mayores de 5, preferentemente incluso mayores de 10, mientras que el estampado en caliente solamente lleva a proporciones dimensionales por debajo de 3. Durante el proceso de termoformación de la lámina 27 sobre el primer sustrato 1, no se muestra ninguna deformación estructural de la lámina 27 debido a la mayor temperatura de transición vítrea del material de curado UV. Además, los procesos de estructuración laminar de las nanoestructuras permiten utilizar una variedad de diferentes métodos de configuración de microestructuras como el microfresado, por ejemplo, ya que las nanoestructuras pueden formarse por separado antes de aplicarse a las microestructuras.

25 **[0086]** La membrana o capa polimérica adicional sobre la parte posterior de la lámina 27a permite el uso de capas de material termoplástico 27a más estrechas en comparación con la lámina 27 de la primera realización sin el riesgo de agrietarse ya que la capa polimérica estabiliza el material de la lámina 27a. Además, pueden aplicarse presiones y temperaturas mayores que llevan a una mejor calidad de moldeo. Así mismo, pueden formarse estructuras más complejas y puede conseguirse una mayor estabilidad del proceso. Es más, la forma de las nanoestructuras no se ve influenciada por el paso de termoformación porque el material de curado UV utilizado, preferentemente un material epóxico, posee una mayor temperatura de transición vítrea que el material termoplástico 27a.

30 **[0087]** Para concluir, los métodos de conformidad con la invención permiten la integración de nanoestructuras, microestructuras y un agujero pasante en un producto final en un único paso de moldeo.

35 **[0088]** Aunque se han mostrado y descrito aquí algunas realizaciones de la presente invención a modo de ejemplo, los expertos en la técnica comprenderán que pueden realizarse cambios a estas realizaciones sin desviarse del alcance de la invención que queda definido en las reivindicaciones y sus equivalentes.

Listado de signos de referencia

50 **[0089]**

- 1 primer sustrato
- 2 primera capa protectora
- 55 3 nanoestructuras
- 4 segunda capa protectora
- 5 primeras microestructuras
- 60 6 segundas microestructuras
- 7 agujero pasante
- 65 8 segundo sustrato

	9	premodelo
	10	material elastomérico-polimérico
5	11	sello de polímero
	12	producto final
	13	salida / entrada
10	14	estructura de fabricación de agujero pasante
	15	superficies nanoestructuradas hidrófilas
15	16	superficies nanoestructuradas hidrófobas
	17	entrada / salida
	18	combustible
20	19	subproductos
	20	oxígeno
25	21	agua
	22	sistema de suministro de combustible
	23	primer electrodo
30	24	membrana
	25	segundo electrodo
35	26	sistema de gestión de agua / de entrada de oxígeno
	27	lámina
	28	paredes laterales
40	29	sello
	30	material polimérico
45	31	sello de polímero

REIVINDICACIONES

1. Método para fabricar un sello de polímero para la reproducción de dispositivos que consten de microestructuras y nanoestructuras, comprendiendo el método los pasos siguientes:

5 disponer una lámina termoplástica (27);
 disponer un primer sustrato (1);
 configurar nanoestructuras (3) en la lámina termoplástica (27);
 configurar microestructuras (5, 6) sobre el primer sustrato (1);
 10 cubrir la superficie del primer sustrato (1) que comprende las microestructuras (5, 6) con la lámina
 termoplástica nanoestructurada (27);
 realizar el moldeo de un elastómero polimérico sobre el primer sustrato (1) con nanoestructuras (3) y
 microestructuras (5, 6) para formar un sello de polímero (11);
 desprender el sello de polímero (11).

15 **2.** Método para fabricar un sello de polímero de la reivindicación 1, en el que el paso de configurar nanoestructuras
 (3) en la lámina termoplástica (27) comprende el paso de:

20 formar secciones hidrófilas a lo largo de una primera dirección y secciones hidrófobas a lo largo de una segunda
 dirección diferente organizando las nanoestructuras (3) de tal manera que se extiendan a lo largo de una primera
 dirección, siendo la segunda dirección preferentemente perpendicular a la primera dirección.

25 **3.** Método para fabricar un sello de polímero de la reivindicación 1 ó 2, en el que el paso de configurar
 nanoestructuras (3) en la lámina termoplástica (27) comprende el paso de estampar en caliente nanoestructuras (3)
 en la lámina (27).

30 **4.** Método para fabricar un sello de polímero de la reivindicación 1 ó 2, en el que el paso de configurar
 nanoestructuras (3) en la lámina termoplástica (27) comprende los pasos de imprimir las nanoestructuras (3) sobre la
 lámina termoplástica (27) mediante litografía por nanoimpresión UV.

35 **5.** Método para fabricar un sello de polímero de la reivindicación 4, en el que el paso de litografía por nanoimpresión
 UV comprende los pasos de:

40 formar una lámina termoplástica (27) proporcionando una capa de material termoplástico (27a),
 cubrir un lado de la capa de material termoplástico (27a) con una capa de material polimérico (27b) y cubrir el lado
 35 opuesto de la capa de material termoplástico (27a) con una capa de material de curado UV (27c),
 poner en contacto un sello de polímero (33) con cavidades de nanoestructuras y el lado de la capa de material
 termoplástico (27a) donde se aplica la capa de material de curado UV (27c),
 rellenar las cavidades de nanoestructuras del sello de polímero (33) con material de curado UV de la capa de
 40 material de curado UV (27c),
 exponer el conjunto a radiación UV, y despegar el sello de polímero (33) de la lámina termoplástica (27).

45 **6.** Método para fabricar un sello de polímero de la reivindicación 5, en el que se forma el sello de polímero (33) con
 cavidades de nanoestructuras mediante los pasos de proporcionar un material de sustrato, cubrir el material de
 sustrato con una capa protectora, estructurar la capa protectora, revestir con un metal el sustrato recubierto,
 50 despegar el metal parcialmente para formar nanoestructuras y grabar el sustrato.

55 **7.** Método para fabricar un sello de polímero de cualesquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que el paso de
 cubrir la superficie del primer sustrato (1) comprende el paso de deformar la lámina termoplástica (27) sobre las
 microestructuras (5, 6) mediante termoformación.

60 **8.** Método para fabricar un sello de polímero de cualesquiera de las anteriores reivindicaciones, en el que el paso de
 termoformación comprende el calentamiento del primer sustrato (1) con la lámina termoplástica (27) sobre él hasta
 una temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea de la lámina (27).

65 **9.** Método para fabricar un sello de polímero de una de las anteriores reivindicaciones, en el que el paso de
 configurar nanoestructuras (3) comprende al menos uno de los pasos de formar las nanoestructuras (3) como líneas
 y espacios que se extiendan en la primera dirección.

70 **10.** Método para fabricar un sello de polímero de una de las reivindicaciones anteriores, en el que el paso de
 configurar microestructuras (5, 6) comprende al menos uno de los pasos de:

 formar las primeras microestructuras (5) para que se extiendan a lo largo de la primera dirección para
 formar canales hidrófilos junto con las nanoestructuras (3) que se extiendan en dicha primera dirección, y
 formar las segundas microestructuras (6) para que se extiendan a lo largo de una segunda dirección

diferente para formar canales hidrófobos junto con las nanoestructuras (3) que se extiendan en la primera dirección.

5 **11.** Método para fabricar un sello de polímero de cualesquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el paso de configurar microestructuras comprende al menos uno de los pasos de:

10 cubrir el primer sustrato (1) con una segunda capa protectora (2) que sea fotoprotectora y llevar a cabo un proceso litográfico para formar microestructuras en la segunda capa protectora (2), y formar un agujero pasante (7) a través de la segunda capa protectora (2) y el primer sustrato (1).

10 **12.** Método para reproducir dispositivos que consten de microestructuras y nanoestructuras y que comprenden los pasos de:

15 moldear el material de un producto final sobre el sello de polímero (11) que consta de microestructuras (5, 6) y nanoestructuras (3) producidas mediante cualesquiera de las reivindicaciones 1 a la 11, en el que las microestructuras (5, 6) y nanoestructuras (3) se transfieran durante el paso de moldeo al producto final (12), y despegar el producto final (12) del sello de polímero (11).

20 **13.** Método para reproducir dispositivos de conformidad con la reivindicación 12, en el que el material del producto final utilizado para moldear es un material polimérico.

14. Un sello de polímero (11) que está compuesto por:

25 unas primeras microestructuras (5) que se extienden a lo largo de una primera dirección,
unas segundas microestructuras (6) que se extienden a lo largo de una segunda dirección diferente de la primera dirección,
y
30 unas nanoestructuras (3) que se disponen para extenderse al menos a lo largo de dicha primera dirección, en el que las nanoestructuras (3) se configuran en al menos una superficie de las primeras y/o segundas microestructuras (5, 6) y están formadas del mismo material que las propias microestructuras (5, 6), en el que la proporción dimensional de un único elemento nanoestructural es mayor de 5,
que se caracteriza en que
35 las nanoestructuras (3) se forman en la parte inferior y las paredes laterales de las primeras y/o segundas microestructuras (5, 6) del sello de polímero (11).

15. Un dispositivo que está compuesto por:

40 unos primeros microcanales (5) que se extienden a lo largo de una primera dirección,
unos segundos microcanales (6) que se extienden a lo largo de una segunda dirección diferente a la primera dirección,
y
45 unas nanoestructuras (3) que se disponen para extenderse al menos a lo largo de dicha primera dirección, en el que las nanoestructuras (3) se configuran en la superficie de los microcanales (5, 6) y están formadas del mismo material que los propios microcanales (5, 6), en el que la proporción dimensional de un único elemento nanoestructural es mayor de 5,
que se caracteriza en que
las nanoestructuras (3) se forman en la parte inferior y las paredes laterales de los primeros y/o segundos microcanales (5, 6).

Fig. 1

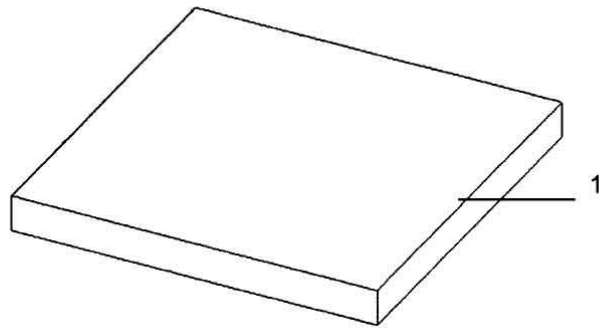


Fig. 2

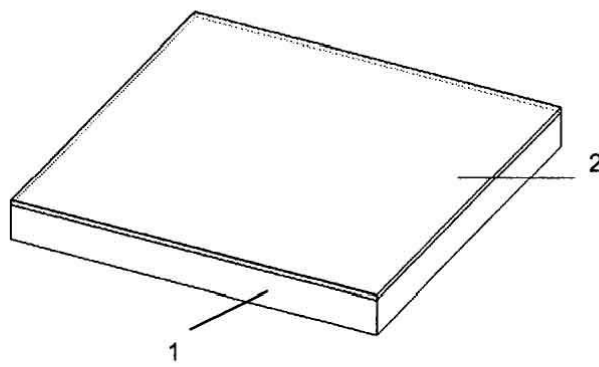


Fig. 3

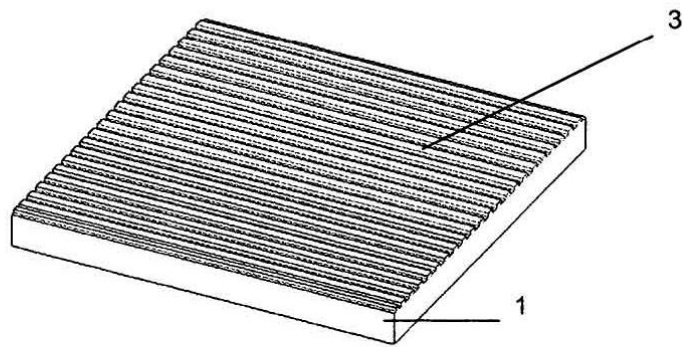


Fig. 4

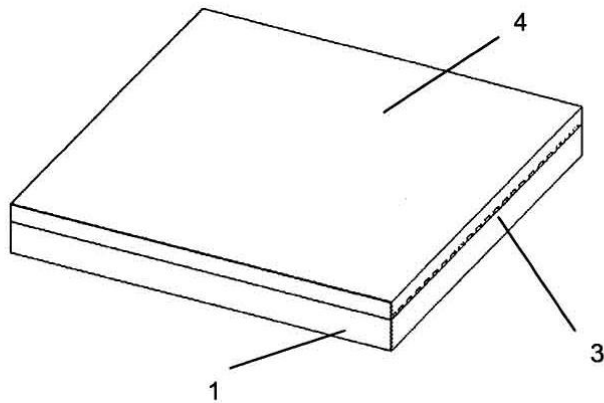


Fig. 5

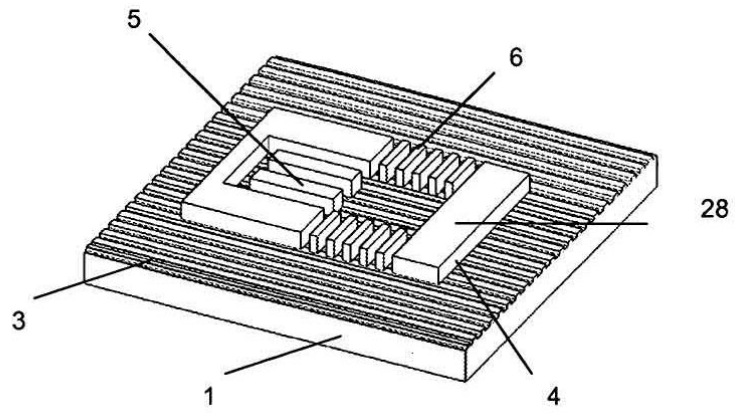


Fig. 6

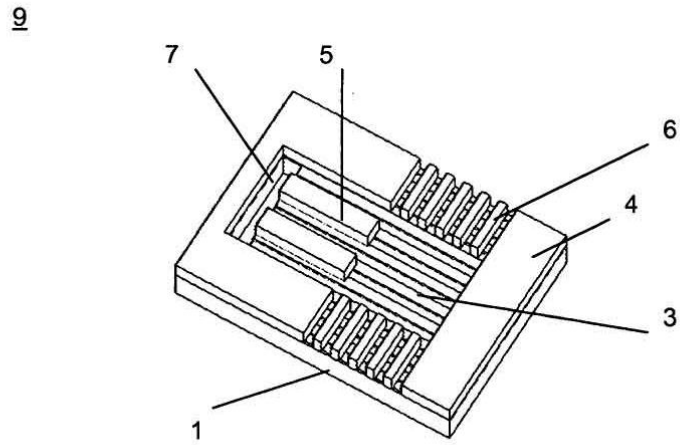


Fig. 7

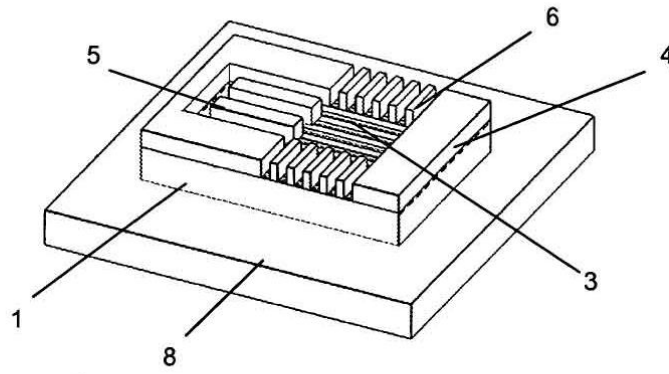


Fig. 8

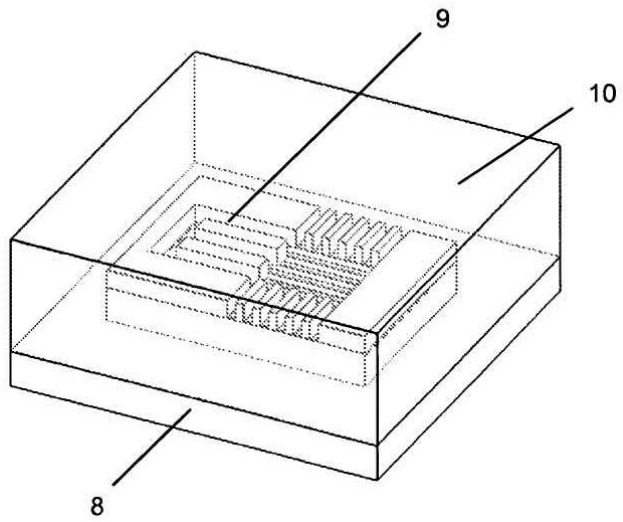


Fig. 9

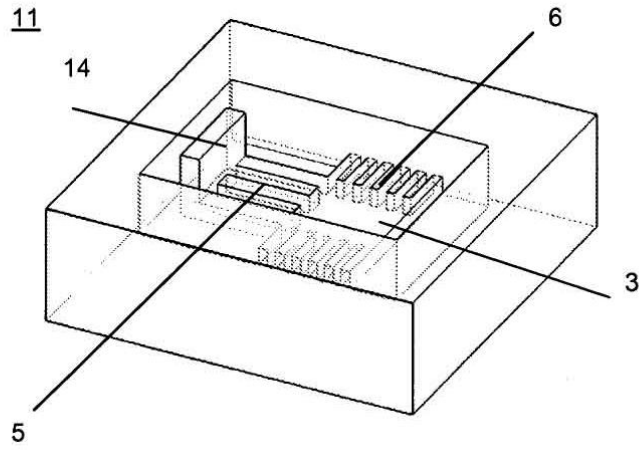


Fig. 10

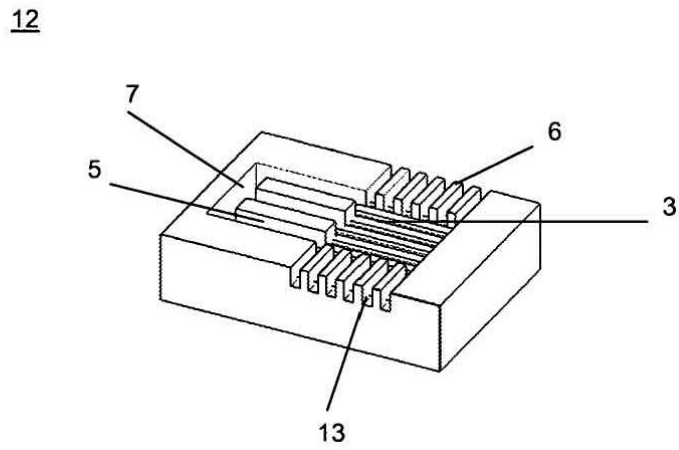


Fig. 11

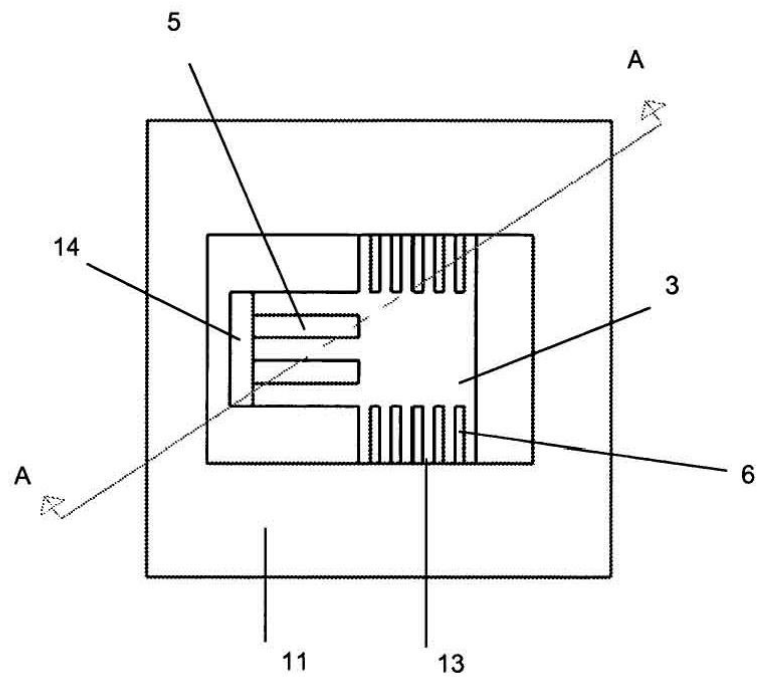
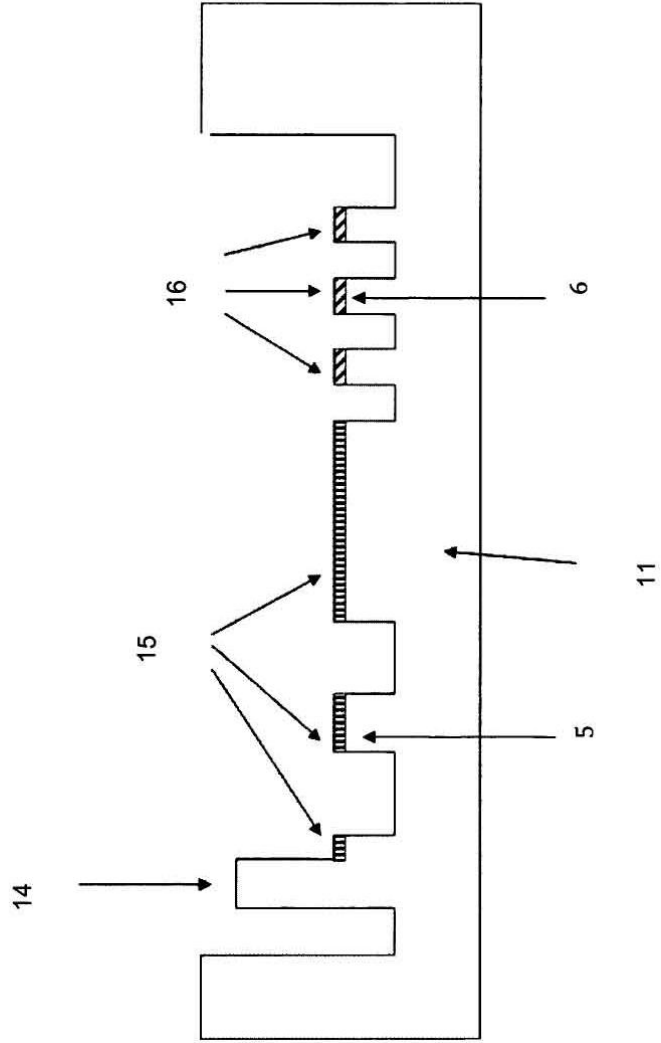


Fig. 12



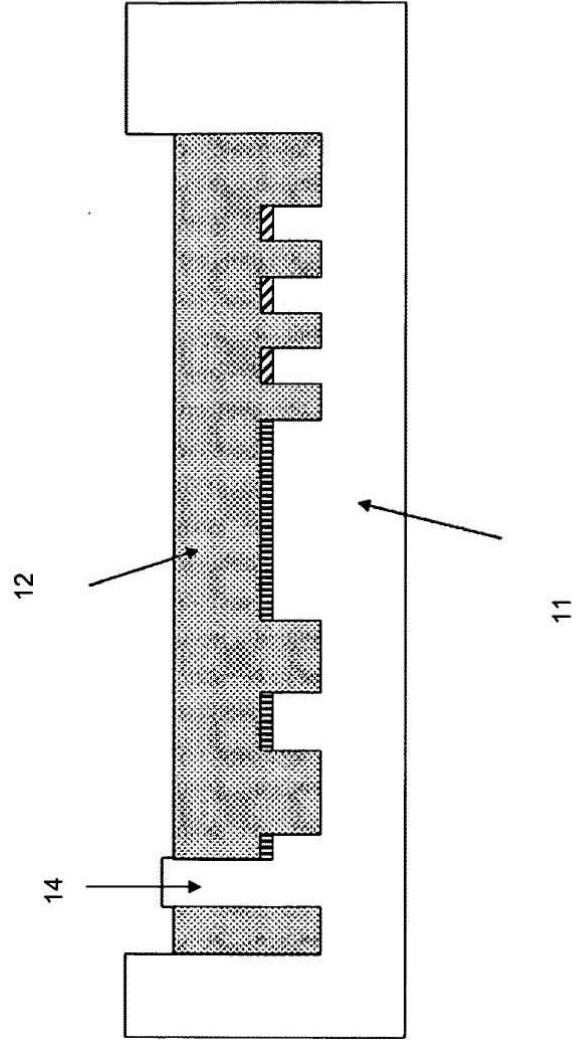


Fig. 13

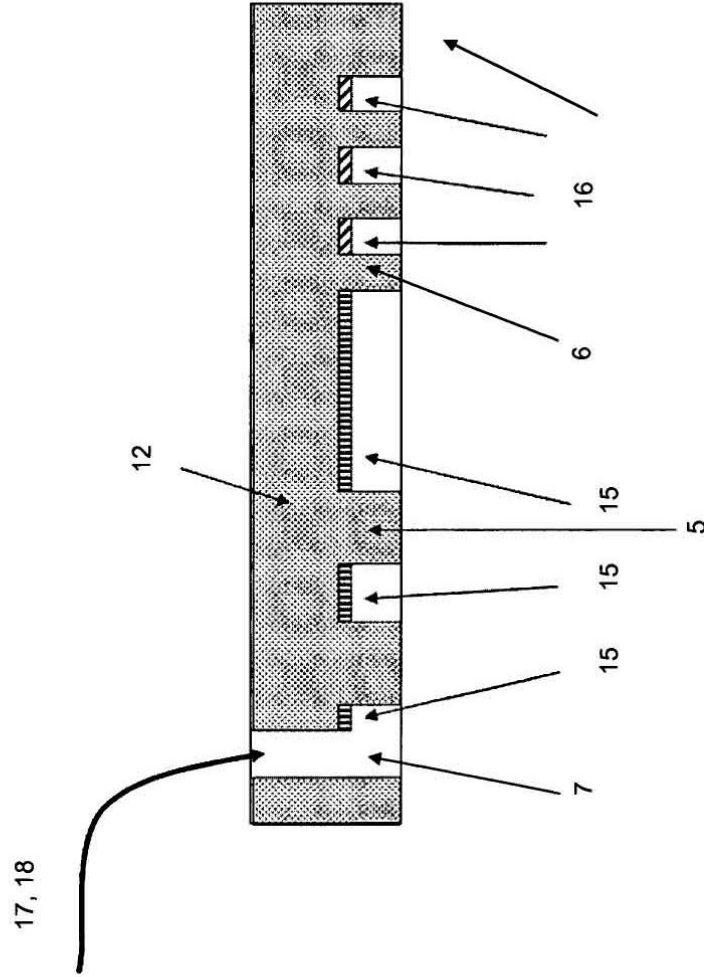


Fig. 14

Fig. 15

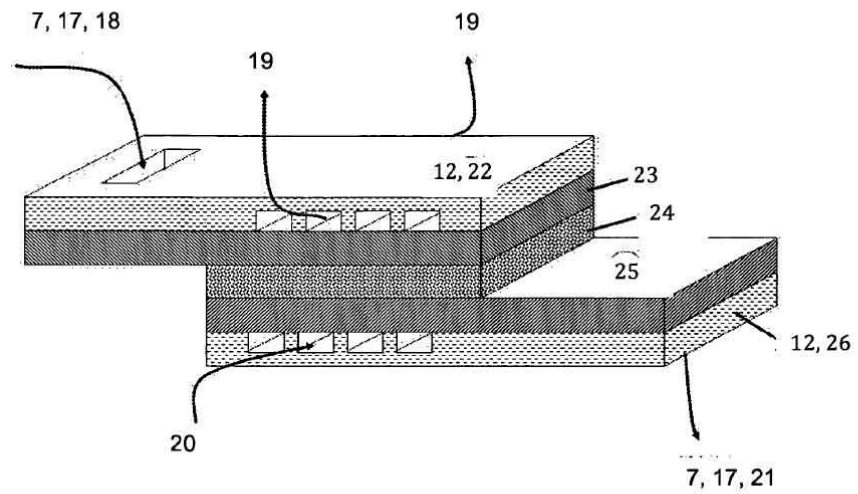


Fig. 16

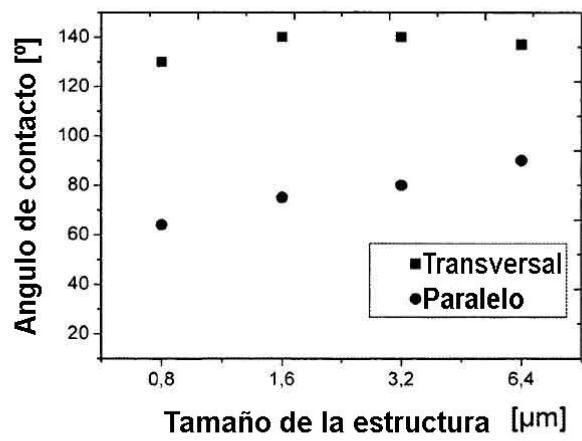


Fig. 17



Fig. 18

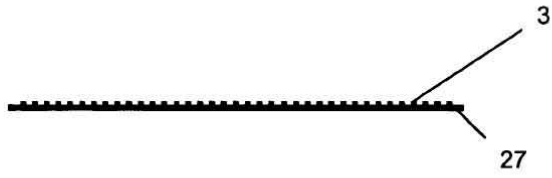


Fig. 19

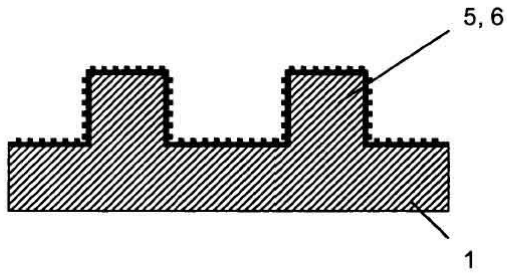


Fig. 20

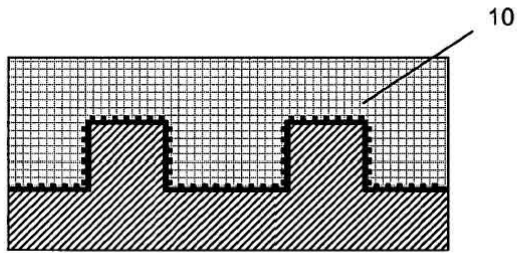


Fig. 21

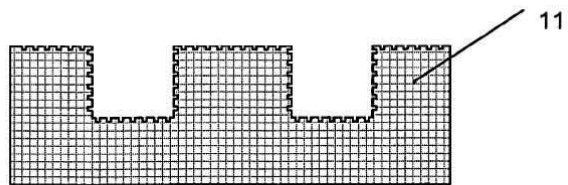


Fig. 22

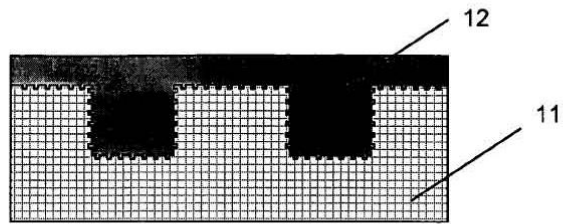


Fig. 23

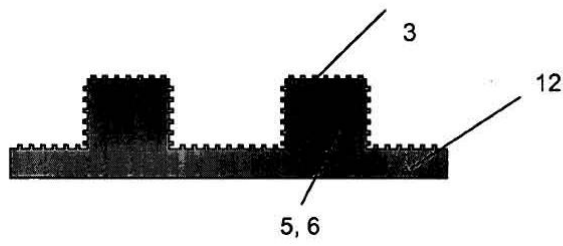


Fig. 24

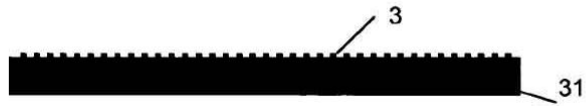


Fig. 25

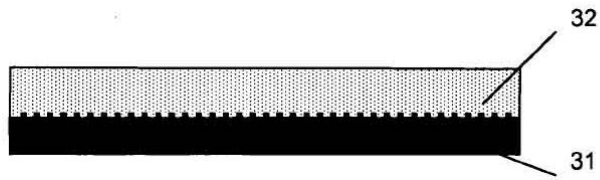
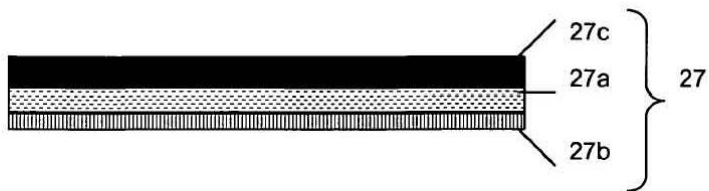


Fig. 26



Fig. 27



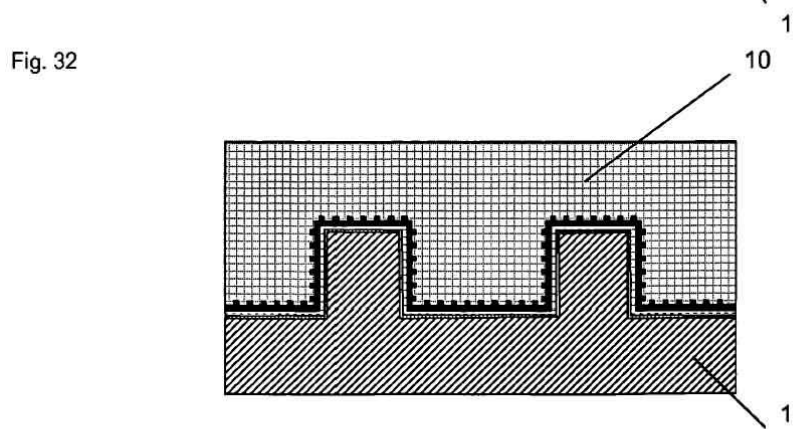
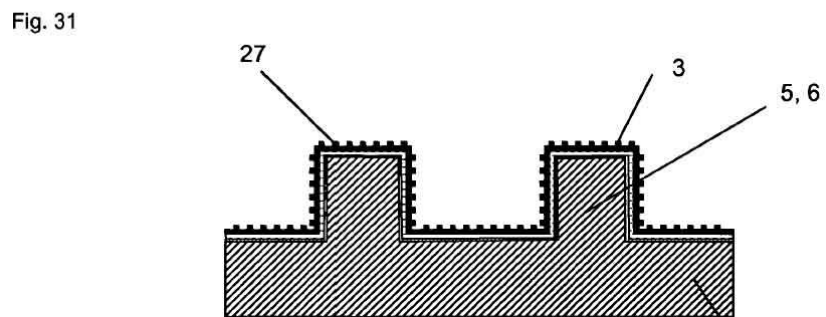
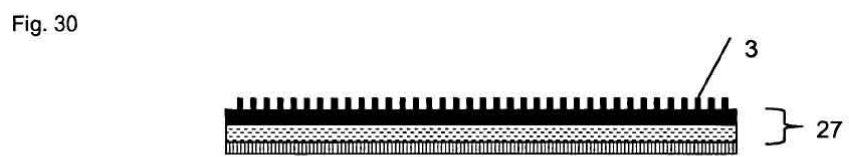
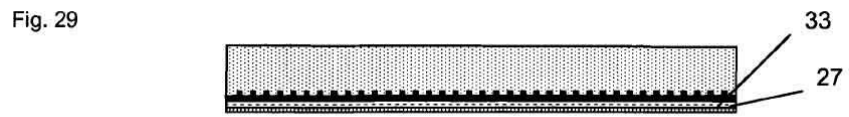
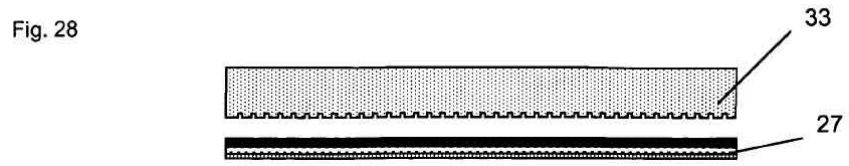


Fig. 33

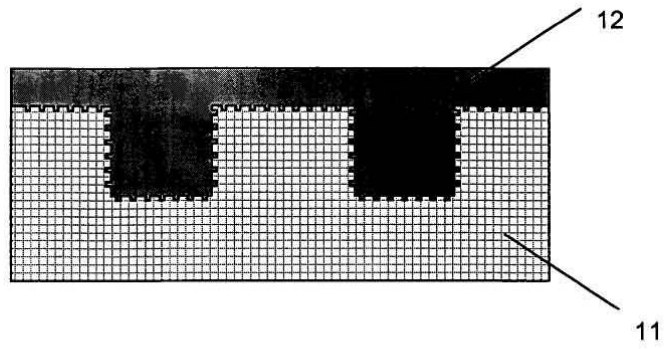


Fig. 34

