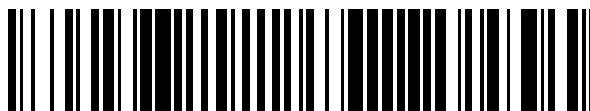


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 367**

51 Int. Cl.:

B81C 99/00 (2010.01)
H01M 8/00 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)
B01J 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2010 E 10153537 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2012 EP 2360114**

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

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.04.2013

73 Titular/es:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTÍFICAS (50.0%)
C/ Serrano 117
28006 Madrid, ES y
HELMHOLTZ-ZENTRUM BERLIN FÜR
MATERIALIEN UND ENERGIE GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ESQUIVEL BOJORQUEZ, JUAN PABLO;
SENN, TOBIAS;
LÖRGEN, MARCUS;
SABATÉ VIZCARRA, NEUS y
CANÉ BALLART, CARLES**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 401 367 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 para producir un sello de polímero para la reproducción de dispositivos que comprenden microestructuras y nanoestructuras, y dispositivo correspondiente

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para producir un sello de polímero para la reproducción de dispositivos que comprenden microestructuras y nanoestructuras, a un sello de polímero y a un dispositivo que comprende microestructuras y nanoestructuras. Particularmente, se refiere a microdispositivos que se podrían usar en un sistema de micropila de combustible como sistemas de suministro de combustible o sistema de gestión del agua con microestructuras y nanoestructuras. El dispositivo consiste preferiblemente en un polímero.

10 Antecedentes de la invención

Diferentes campos de la tecnología, como la nanotecnología, biotecnología u óptica, necesitan técnicas de fabricación y materiales para el desarrollo futuro. Debido a una integración de nano- y microestructuras, se podrían lograr dispositivos muy funcionales en aplicaciones como la hidráulica, biochips o cristales fotónicos. Se conocen diferentes procedimientos de micro- y nanofabricación, y técnicas de microestructuras dimensionales. La necesidad creciente de dispositivos poliméricos ha conducido a una mayor importancia del micromaquinado a base de polímeros. Debido a la variedad de materiales poliméricos, ofrecen buena biocompatibilidad y resistencia química así como buenas propiedades ópticas para aplicaciones fotónicas.

15 Las principales técnicas de replicación de dispositivos a base de polímeros son el moldeo por inyección y el gofrado en caliente y el micromaquinado. Para la replicación de nanopatrones, se puede usar la tecnología de nanoimpresión (NIL) y la tecnología de nanoimpresión con UV. Además, se han adoptado técnicas litográficas suaves como la impresión de microcontacto (CP) y el micromoldeo, las cuales ofrecen nuevas posibilidades de nanoestructuración.

20 Sin embargo, con el gofrado en caliente es difícil replicar rasgos estructurales positivos y negativos, debido a las diferentes condiciones durante el moldeo. Además, es difícil formar orificios pasantes mediante gofrado en caliente. Los orificios pasantes son, por ejemplo, necesarios para sistemas de micropilas de combustible. El moldeo por inyección, por otro lado, requiere normalmente un equipo caro.

25 Para la mejora adicional de pilas de combustible, se han de resolver algunos problemas generales. Uno de los problemas es el suministro de combustible. El combustible se debe de transportar al ánodo, en el que tiene lugar la reacción. Durante la reacción, se produce CO₂, que debe ser transportado fuera del sistema para evitar un impedimento para el combustible. Por lo tanto, la separación de líquido y gas y el transporte de gas fuera del dispositivo es un factor decisivo para la mejora de las pilas de combustible. Ambos problemas se pueden resolver aprovechando las propiedades humectantes de las superficies. Por ejemplo, el combustible usado en tales aplicaciones se puede transportar fácilmente al ánodo a través de canales hidrófilos. Por otro lado, el CO₂ se puede separar y transportar fuera del dispositivo a través de canales hidrófobos. De este modo, un dispositivo que es capaz de resolver esos problemas puede contener canales tanto hidrófobos como hidrófilos. Además de los problemas de transporte, se debe de suministrar el combustible al sistema. Por lo tanto, se debe así mismo integrar en tal dispositivo un orificio pasante para el suministro de combustible, lo que es difícil de formar con el gofrado en caliente.

30 A partir del documento US 20060029858 A1, un medio de difusión para uso en una pila de combustible PEM contiene áreas hidrófobas e hidrófilas para la gestión mejorada del agua. Para definir áreas hidrófobas, se usa un polímero hidrófobo tal como una fluororresina, y para definir áreas hidrófilas se usa un polímero electroconductor tal como polianilina o polipirrol. Sin embargo, es necesario usar dos polímeros diferentes para la formación de tales canales, haciendo muy complejo el procedimiento de fabricación.

35 El documento DE 102 32 129 A1 describe un dispositivo de distribución de fluidos para un electrodo electroquímico, en el que se usan revestimientos para formar áreas hidrófobas e hidrófilas. Sin embargo, un revestimiento presenta un tiempo de vida limitado. Además, cada producto final necesita ser revestido separadamente con el revestimiento, a fin de producir áreas hidrófobas e hidrófilas.

40 El documento EP 1 495 799 A2 describe un dispositivo microfluídico formado en un sustrato polimérico. Patrones regulares de crestas, entallas o columnas proporcionan áreas de humectabilidad mejorada en un conducto fluídico del dispositivo.

45 El documento US 2009/0041986 A1 describe un método para obtener artículos jerárquicos que contienen nanorrasgos y microestructuras, proporcionando en primer lugar un sustrato que incluye nanorrasgos, y creando después microestructuras añadiendo una capa. El documento US 2009/0047478 A1 también describe un método para formar patrones jerárquicos sobre un artículo mediante nanoimpresión. Zhou et al ("An air-breathing siliconbased micro direct methanol fuel cell with a capillarybased water drawn out structure", PROCEEDINGS OF TRANSDUCERS 2009, 21 de junio 2009 (2009-06-21), - 25 de junio 2009 (2009-06-25), páginas 648-651,

XP031545326, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, ISBN: 978-1-4244-4190-7) describe una estructura de cátodo a base de capilar para micropilas de combustible de metanol directo que respiran aire. Se diseña un conjunto de capilares con superficies hidrófilas sobre los nervios de una ventana de cátodo para extraer el exceso de agua del cátodo.

Sumario de la invención

5 Por lo tanto, es un objeto de la presente invención proporcionar un método para producir un sello de polímero así como un dispositivo a partir del sello de polímero, en el que se incorporan nanoestructuras y microestructuras en el sello y se transfieren al dispositivo final desde el sello. También es un objeto proporcionar un dispositivo pasivo para un sistema de pila de combustible, que muestra áreas hidrófobas e hidrófilas, de manera simplificada a menores costes, para la separación de subproductos gaseosos a partir de combustibles líquidos.

10 En consecuencia, en una primera realización, la presente invención proporciona un método para producir un sello de polímero para la reproducción de dispositivos que comprenden microestructuras y nanoestructuras, comprendiendo el método las etapas de proporcionar un primer sustrato, dar un patrón de nanoestructuras que se extiende a lo largo de una primera dirección en el primer material de sustrato, seguido de la provisión de un patrón de microestructuras sobre el primer sustrato, moldear un elastómero de polímero sobre el primer sustrato con nanoestructuras y microestructuras para formar un sello de polímero, y liberar el sello de polímero. La etapa de provisión de un patrón de microestructuras comprende al menos una de las etapas de formar primeras microestructuras para extenderlas a lo largo de la primera dirección para formar canales hidrófilos junto con las nanoestructuras que se extienden en dicha primera dirección, y formar segundas microestructuras para extenderlas a lo largo de una segunda dirección diferente de la primera dirección para formar canales hidrófobos junto con las nanoestructuras que se extienden en la primera dirección.

20 El procedimiento tiene la ventaja de que las nanoestructuras se forman directamente sobre la superficie del sustrato. El sustrato consiste preferiblemente en un único material o un compuesto de material, pero también puede comprender diferentes capas de materiales. Usando un método de moldeo en el sustrato con nanoestructura y microestructura, las nanoestructuras y microestructuras se pueden transferir directamente al sello de polímero a costes bajos. La integración directa de áreas nanoestructuradas en microdispositivos mejora la funcionalidad del dispositivo, por ejemplo la formación de estructuras antirreflectantes para aplicaciones ópticas, o el cambio de propiedades humectantes en microcanales.

25 Además, la invención se refiere a un método para reproducir dispositivos que comprenden microestructuras y nanoestructuras, que comprende las etapas de moldear un material producto final sobre el sello de polímero con microestructuras y nanoestructuras producidas según la invención como se describe anteriormente, en el que las microestructuras y nanoestructuras se transfieren durante la etapa de moldeo al producto final, y liberar el producto final del sello de polímero. El producto o dispositivo final es también preferiblemente un dispositivo polimérico.

30 El dispositivo que se forma es preferiblemente un microdispositivo.

35 Según la invención, se puede emplear una etapa de moldeo simple y de bajo coste sobre el sello de polímero para formar repetidamente el producto final bajo la transferencia de micro- y nanoestructuras al producto final.

40 Se subraya que el sello muestra la estructura inversa del producto final. De este modo, una parte inferior del canal en el producto final será una parte superior en el sello. Sin embargo, por facilidad de lectura y comprensión, en lo siguiente nos referiremos habitualmente a la orientación de las estructuras del producto final en lugar del sello, excepto que se señale específicamente de otro modo.

La etapa de provisión de un patrón de nanoestructuras en el primer material de sustrato comprende preferiblemente la etapa de formar secciones hidrófilas a lo largo de una primera dirección y secciones hidrófobas a lo largo de una segunda dirección diferente, colocando las nanoestructuras para que se extiendan a lo largo de una primera dirección. La segunda dirección es preferiblemente perpendicular a la primera dirección.

45 De este modo, mediante la provisión de las nanoestructuras en la superficie del sustrato, se pueden crear áreas hidrófilas e hidrófobas en las superficies respectivas sin capas adicionales o revestimientos químicos de ningún tipo. Las superficies se funcionalizan mediante nanoestructuras topográficas.

50 Ventajosamente, alineando las microestructuras con las nanoestructuras, se pueden crear canales hidrófilos. Los canales tienen las microestructuras como las paredes laterales, y las nanoestructuras se forman al menos en la parte inferior de las microestructuras. Las microestructuras proporcionan guía para un fluido a lo largo de la dirección en la que se forman las nanoestructuras. Sin embargo, a lo largo de una segunda dirección diferente, las estructuras se hacen cada vez más hidrófobas. El máximo de hidrofobia se establece en una dirección perpendicular a la primera dirección. Si ahora se forman microestructuras a lo largo de esta segunda dirección, así mismo preferiblemente perpendicular, se forman estructuras hidrófobas e hidrófilas simplemente mediante el alineamiento mutuo o desalineamiento de nano- y microestructuras.

55

La etapa de provisión de un patrón de microestructuras comprende preferiblemente además al menos una de las etapas de formar las primeras microestructuras con una anchura de 50-500 μm , preferiblemente 100-200 μm y una altura de 10-1000 μm , preferiblemente 50-200 μm , y formar las segundas microestructuras con una anchura de 1-100 μm , preferiblemente 5-50 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferiblemente 50-200 μm .

5 Los intervalos de tamaño de las microestructuras mejoran su funcionalidad deseada como canales hidrófilos o hidrófobos.

10 La etapa de provisión de un patrón de nanoestructuras comprende al menos una de las etapas de formar las nanoestructuras con una separación de 50 nm-3500 nm, preferiblemente 500-1000 nm y/o proporcionar las nanoestructuras con una sección transversal que tiene forma triangular, rectangular o de columna, y formar la nanoestructura como líneas y espacios. La relación de aspecto de la altura a la anchura de las nanoestructuras es preferiblemente 1:2. La altura máxima de las nanoestructuras es preferiblemente menor que 1 μm .

Los intervalos de tamaños de los patrones de nanoestructuras o microestructuras maximizan su carácter distintivo de ser hidrófilos en una primera dirección e hidrófobos en una segunda dirección, diferente.

15 Las líneas y espacios proporcionan una manera muy simple de dirigir fluidos en su dirección de extensión. En la dirección de las líneas y espacios, las estructuras son hidrófilas. En una segunda dirección, diferente, su carácter se hace hidrófobo, con un máximo de hidrofobia a lo largo de la dirección perpendicular.

20 La etapa de provisión de un patrón de nanoestructuras en el primer material de sustrato comprende preferiblemente las etapas de cubrir el primer sustrato con una primera materia protectora, transferir nanoestructuras a la primera materia protectora por medio de procedimientos de nanolitografía, cubrir con una capa metálica el primer sustrato con la primera materia protectora nanoestructurada, eliminar la primera materia protectora con el metal en la parte superior, en el que las áreas del primer sustrato sin la materia protectora permanecen cubiertas por el metal, formando nanoestructuras en las partes del primer sustrato no cubiertas con el metal mediante grabado de la superficie del primer sustrato usando el metal que queda como máscara, y eliminar el metal del primer sustrato.

25 Los procedimientos de nanolitografía son preferiblemente litografía mediante UV, litografía de nanoimpresión, gofrado en caliente, litografía mediante haces de electrones, litografía de interferencia o litografía de interferencia mediante rayos X.

La etapa de provisión de un patrón de microestructuras puede comprender la etapa de cubrir el primer sustrato con una segunda materia protectora que es una materia fotoprotectora, y llevar a cabo un procedimiento litográfico.

30 Ventajosamente, los procedimientos litográficos son bien conocidos, fáciles de manipular, y se pueden usar para formar estructuras muy precisas. Por ejemplo, se pueden usar la litografía mediante UV, la litografía mediante haces de electrones, la litografía de interferencia o la litografía mediante rayos X.

La segunda materia protectora comprende preferiblemente polimetacrilato de metilo, resinas fenólicas o resinas epoxídicas.

35 La etapa de provisión de un patrón de microestructuras comprende preferiblemente la etapa de formar un orificio pasante que atraviese la segunda materia protectora y el primer sustrato.

El orificio pasante se puede formar mediante grabado con hidróxido potásico, grabado con ion reactivo profundo, microtaladrado o microtriturado, o ablación con láser.

40 Ventajosamente, la etapa de moldeo del sello y el producto final permite incorporar fácilmente un orificio pasante en el producto final requerido, por ejemplo, en aplicaciones de pilas de combustible. El orificio pasante y las micro- y nanoestructuras se forman en el producto final en una única etapa de moldeo.

Antes de la etapa de moldear un elastómero polimérico sobre el primer sustrato, el método puede comprender además las etapas de cortar el primer sustrato para obtener una matriz previa que comprende el primer sustrato nanoestructurado y la resina microestructurada, y fijar la matriz previa sobre un segundo sustrato.

45 El elastómero polimérico comprende preferiblemente polidimetilsiloxano (PDMS). PDMS tiene ventajosamente una velocidad de absorción relativamente baja para aplicaciones de UV.

50 El material del producto final usado para el moldeo comprende preferiblemente materiales poliméricos. Puede comprender una fotorresina, una resina a base de epoxi, un material de curado térmico, un material de curado mediante UV, o un material termoplástico. En general, los materiales poliméricos tienen la ventaja de una buena biocompatibilidad y estabilidad química y resistencia frente a combustibles, como etanol y metanol, así como buenas propiedades ópticas.

Adicionalmente, la presente invención se refiere a un sello de polímero que comprende primeros microcanales que se extienden a lo largo de una primera dirección, segundos microcanales que se extienden a lo largo de una segunda dirección, y nanoestructuras formadas al menos sobre una superficie de los primeros y/o segundos

microcanales del sello de polímero, proporcionándose las nanoestructuras para extenderse al menos a lo largo de dicha primera dirección. Las nanoestructuras se proporcionan directamente en forma de patrón en al menos una superficie de los microcanales.

5 En otras palabras, las nanoestructuras se forman del mismo material que las propias microestructuras. Se pueden formar del mismo material que el material masivo del sello de polímero. En cualquier caso, no son necesarias capas químicas adicionales. La topografía del propio material del sello de polímero está cambiada físicamente en su superficie. Preferiblemente, el sello consiste en un único material o compuesto de material, y las nanoestructuras están formadas de este material del sello. La superficie se funcionaliza mediante la estructura topográfica.

10 Además, la invención proporciona un dispositivo que comprende primeros microcanales que se extienden a lo largo de una primera dirección, segundos microcanales que se extienden a lo largo de una segunda dirección, diferente de la primera dirección, y nanoestructuras formadas al menos en la parte inferior de los primeros y/o segundos microcanales y proporcionadas para extenderse al menos a lo largo de dicha dirección. Las nanoestructuras se proporcionan en forma de patrón en la superficie de los microcanales, y están formadas del mismo material que los propios microcanales. Se proporciona un orificio pasante que se extiende desde una superficie del dispositivo para que esté en comunicación con los microcanales, y las nanoestructuras y los primeros y segundos microcanales forman canales hidrófilos a lo largo de la primera dirección y canales hidrófobos a lo largo de la segunda dirección.

15 Preferiblemente, el dispositivo consiste en un único material o compuesto de material, y las nanoestructuras están formadas de este material del dispositivo. No se requieren capas adicionales, ni revestimiento o tratamiento químico con moléculas. La topografía del material del sello de polímero está físicamente cambiada en su superficie. La superficie está funcionalizada por las estructuras topográficas.

20 El dispositivo es preferiblemente un único componente completamente integrado. No se requiere el ensamblaje.

Los microcanales consisten en las microestructuras como las paredes laterales, en los que al menos en la parte inferior del microcanal se proporcionan las nanoestructuras. También se pueden proporcionar en las paredes laterales y pared superior de los microcanales.

25 Las nanoestructuras proporcionan ángulos de contacto de 0° - 90° , preferiblemente 30° - 75° a lo largo de la primera dirección, y 90° - 160° , preferiblemente 110° - 150° a lo largo de la segunda dirección. Preferiblemente, pueden tener una separación de 70 nm-3500 nm, preferiblemente 500-1000 nm. La relación de aspecto de la altura a la anchura de las nanoestructuras es preferiblemente 1:2. La altura máxima de las nanoestructuras es preferiblemente menor que $1\ \mu\text{m}$. Las nanoestructuras se proporcionan preferiblemente con una sección transversal que es de forma triangular, rectangular o de columna. Se pueden proporcionar como líneas y espacios. Las líneas se extienden a lo largo de la primera dirección.

30 Los primeros microcanales tienen una anchura de 50-500 μm , preferiblemente 100-200 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferiblemente 50-200 μm . Los segundos microcanales tienen una anchura de 1-100 μm , preferiblemente 5-50 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferiblemente 50-200 μm .

35 El dispositivo es preferiblemente un microdispositivo. En una realización, el dispositivo forma una parte de un sistema de micropila de combustible en el que el dispositivo es preferiblemente un sistema de suministro de combustible, los primeros microcanales son microcanales de suministro de combustible, y los segundos microcanales son microcanales de escape de gases, y el orificio 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 usan como suministros de agentes reaccionantes, y el orificio pasante es una salida de agua. El agente reaccionante es preferiblemente oxígeno.

40 De este modo, el dispositivo según la invención se puede usar en aplicaciones de pilas de combustible, en las que la separación de líquidos y gases y el transporte de los gases fuera del dispositivo se logra mediante la colocación relativa de primeras microestructuras a lo largo de la dirección de extensión de nanoestructuras por un lado, y segundas microestructuras a lo largo de una segunda dirección, diferente, preferiblemente perpendicular a aquella, por otro lado.

45 Las superficies hidrófobas de los microcanales se pueden usar para la separación de gases. Las microestructuras, preferiblemente las segundas microestructuras, pueden formar aberturas en paredes laterales del dispositivo para la separación/escape de subproductos gaseosos creados durante la operación de la pila de combustible.

50 Los microcanales permiten ventajosamente un flujo pasivo de fluidos.

El transporte es capilar o se lleva a cabo por difusión, y por lo tanto el dispositivo de la presente invención se puede usar como un dispositivo pasivo para un sistema de pila de combustible. El transporte también es independiente de la orientación. El dispositivo se puede integrar fácilmente o unir a un sistema de micropila de combustible.

55 Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características y aspectos de la presente invención serán manifiestos y se apreciarán más fácilmente a partir de la siguiente descripción de algunas realizaciones ejemplares, tomada junto con los dibujos que se acompañan, de los cuales:

- 5 Fig. 1 muestra una primera etapa para producir un sello de polímero según una primera realización, la provisión de un sustrato,
- Fig. 2 muestra un sustrato de la Fig. 1 cubierto con una primera materia protectora,
- Fig. 3 muestra un sustrato nanoestructurado de Fig. 2,
- Fig. 4 muestra el sustrato nanoestructurado de la Fig. 3 cubierto con una segunda materia protectora,
- Fig. 5 muestra el sustrato nanoestructurado con microestructuras formadas encima,
- 10 Fig. 6 muestra una matriz previa que comprende microestructuras y nanoestructuras y un orificio pasante,
- Fig. 7 muestra la matriz previa de la Fig. 6 unida a un segundo sustrato,
- Fig. 8 muestra el moldeo del sello de polímero,
- Fig. 9 muestra el sello de polímero,
- Fig. 10 muestra el producto final del moldeo,
- 15 Fig. 11 muestra una vista superior del sello de polímero de la Fig. 9,
- Fig. 12 muestra un corte a través del sello de polímero de la Fig. 11 a lo largo de la línea A-A,
- Fig. 13 muestra la etapa de moldeo del producto final usando el sello de la Fig. 12,
- Fig. 14 muestra un corte a través de un producto final de una primera realización a lo largo de una línea correspondiente A-A de la Fig. 12,
- 20 Fig. 15 muestra una aplicación de pila de combustible de dos dispositivos según la presente invención,
- Fig. 16 muestra una medida del ángulo de contacto de nanoestructuras paralelas a su dirección de extensión y perpendicular a ella.

Descripción detallada de los dibujos

25 Las Figs. 1 a 10 muestran el método para producir un sello de polímero de la Fig. 9, y un producto final de la Fig. 10 según la primera realización. De forma ejemplar, el sello se forma para producir un componente para un sistema de pila de combustible. Sin embargo, también son posibles otras aplicaciones, como las ópticas. De este modo, la producción del sello y del propio producto final no está limitada a aplicaciones de pilas de combustible, sino en su lugar a aplicaciones que requieran la formación de nanoestructuras junto con microestructuras.

30 La Fig. 1 muestra la primera etapa del método para producir un sello de polímero con nanoestructuras y microestructuras según la primera realización, la provisión de un primer sustrato 1. El primer sustrato 1 puede ser una oblea de silicio, puede comprender vidrio o un polímero termoplástico, pero no está limitado a ellos. El primer sustrato 1 se puede formar de un único material o compuesto de material, o puede comprender diferentes capas.

35 En una segunda etapa, las nanoestructuras 3 se transfieren a la superficie del primer sustrato. Esto se puede realizar por medio de procedimientos de nanolitografía, preferiblemente mediante litografía mediante UV, litografía de nanoimpresión, gofrado en caliente, litografía mediante haces de electrones, litografía de interferencia, litografía de interferencia mediante rayos X.

40 En una realización ejemplar, la etapa de provisión de un patrón de nanoestructuras 3 en el primer sustrato 1 comprende preferiblemente las etapas de cubrir el primer sustrato con una primera materia protectora como se muestra en la Fig. 2. Después, las nanoestructuras se transfieren o se forman en la primera materia protectora por medio de uno de los procedimientos de nanolitografía mencionados anteriormente. Por ejemplo, las nanoestructuras pueden ser líneas y espacios como se muestra en la Fig. 3. Sin embargo, las líneas también pueden consistir en elementos distintos, como columnas, pirámides, etc. La sección transversal de las líneas o las nanoestructuras 3 puede ser rectangular, triangular, etc. Sólo es necesario proporcionar un espaciamiento más pequeño de las nanoestructuras 3 en la primera dirección deseada que en la segunda dirección diferente. El primer sustrato 1 con la primera materia protectora 2 nanoestructurada se cubre subsiguientemente con una capa metálica (no mostrada). La primera materia protectora 2 se retira entonces con el metal en la parte superior, en el que las áreas del primer sustrato 1 sin la primera materia protectora 2 permanece sin cubrir por el metal. Estas partes cubiertas actúan como una máscara para un procedimiento de grabado de nanoestructuras 3 en las partes del primer sustrato 1 no cubiertas por el metal. De este modo, el grabado puede formar valles en la superficie del primer sustrato 1, y las

partes cubiertas pueden permanecer como mesetas. En otras palabras, si a la primera materia protectora 2 se le da un patrón de líneas, las líneas se convierten en las partes inferiores de los canales nanoestructurados, las partes cubiertas con metal forman espacios entre los canales que conectan las paredes laterales de los canales. Finalmente, el metal se elimina del primer sustrato 1 como se puede ver en la Fig. 3, y queda una superficie del primer sustrato nanoestructurado.

La siguiente etapa del procedimiento de fabricación se muestra en la Fig. 4, la formación de una segunda materia protectora 4 sobre las superficies de las nanoestructuras del primer sustrato 1. A la segunda materia protectora 4 se le da un patrón para mostrar primeras microestructuras 5 y segundas microestructuras 6, así como otras estructuras como paredes laterales 28 adicionales (Fig. 5). La estructura como se presenta en la Fig. 5 rodeada por las estructuras 28 de la segunda materia protectora es equivalente a la estructura del producto final.

En la presente realización, por ejemplo, a fin de formar un sistema 26 de gestión de agua o un sistema 22 de suministro de combustible de la Fig. 15, las primeras microestructuras 5 se forman a lo largo de la dirección de extensión de las nanoestructuras 3, formando de ese modo estructuras hidrófilas para un transporte de fluido. Las segundas microestructuras 6 se forman en una segunda dirección, perpendicular a la dirección de extensión de las nanoestructuras 3 (que es la dirección de los valles en la Fig. 5), formando de ese modo estructuras hidrófobas, que se pueden usar para una separación de líquido/gas. El gas es transportado a lo largo de las segundas microestructuras 6 a la periferia de las estructuras 4 de las materias fotoprotectoras. Las primeras y segundas microestructuras 5, 6 están conectadas vía un área de nanoestructuras 3, solamente.

En una realización preferida, también se forma un orificio 7 pasante, a través de la segunda materia protectora 4 y el primer sustrato 1. Esto se realiza preferiblemente mediante grabado con hidróxido de potasio, grabado con ion reactivo profundo, microtaladrado o microtriturado, o ablación con láser.

El dispositivo se corta entonces a lo largo de la periferia de los patrones de la segunda materia protectora 4, preferiblemente mediante un láser. El dispositivo de corte de la Fig. 6 podría denominarse una matriz previa 9. La matriz previa 9 ya comprende un orificio 7 pasante, primeras y segundas microestructuras 5, 6, nanoestructuras 3, y paredes laterales 28 adicionales. La matriz previa 9 comprende en la realización ejemplar la capa 1 de sustrato con nanoestructuras 3 en su superficie, y estructuras adicionales como primeras y segundas microestructuras 5, 6 y paredes laterales 28 sobre su superficie.

La matriz previa 9 se fija entonces – preferiblemente pero sin limitación – sobre un segundo sustrato 8 (Fig. 7). En una etapa posterior, tiene lugar el primer proceso de moldeo, es decir, se moldea un material polimérico 10 encima de la matriz previa 9 unida al segundo sustrato 8 como se muestra en la Fig. 8. Para esto, se puede usar un marco alrededor de la matriz previa 9. En una etapa final para producir el sello 11 de polímero, el sello 11 se libera de la matriz previa 9 (Fig. 9). El sello 11 de polímero tiene ahora la estructura inversa de la matriz previa 9, es decir, cuando la matriz previa 9 tiene crestas, el sello 11 tiene valles, y viceversa. En la realización preferida pero no limitante, también se puede ver una estructura 14 de fabricación de orificio pasante, una columna.

En una última etapa, el sello 11 se llena con un material de producto final, y el producto final 12 de la Fig. 10 se forma en un proceso de moldeo. El producto final 12 tiene los mismos elementos estructurales que la matriz previa, es decir, un orificio pasante 7, primeras y segundas microestructuras 5, 6, nanoestructuras 3 y paredes laterales adicionales 28. Sin embargo, el producto final 11 consiste en un único material. Ya no hay más sustrato. Durante el moldeo, las micro- y nanoestructuras se transfieren al producto final. El producto final tiene aberturas 13 en sus paredes laterales que están en comunicación con segundos microcanales formados por las segundas estructuras 6 como paredes laterales y las nanoestructuras 3 que forman 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 semejante a una T. Las áreas de los primeros y segundos microcanales 5, 6 no se solapan preferiblemente entre sí, teniendo un área, por ejemplo rectangular, con nanoestructuras 3 sólo entremedias, usadas para la separación de líquidos y gases. Puesto que el líquido combustible no puede entrar a los segundos microcanales hidrófobos, los subproductos gaseosos pueden escapar a través de dichos microcanales.

La Fig. 11 muestra una vista superior del sello de polímero de la Fig. 9. Las nanoestructuras 3 no se muestran específicamente en la Fig. 11, sólo se señala su localización mediante el signo de referencia 3. La Fig. 12 muestra un corte a lo largo del sello de la Fig. 11 a lo largo de la línea A-A, una línea diagonal que parte de una pared lateral del sello, a través de la estructura 14 de fabricación de orificio pasante, primeras microestructuras 5, un área 3 solamente nanoestructurada y segundas microestructuras 6. Las superficies 15 nanoestructuradas hidrófilas se forman en la parte superior de las estructuras usadas 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, es decir, una columna del sello 11 de la Fig. 12 es un valle en el producto final 12. De este modo, en el producto final 12, las superficies 15 nanoestructuradas hidrófilas son la superficie inferior de los microcanales 5 respectivos. Lo mismo se aplica para las superficies 16 nanoestructuradas hidrófobas formadas sobre las segundas microestructuras 6 inversas.

El procedimiento de moldeo del producto final 12 se muestra en la Fig. 13. El sello 11 se llena con un material de producto final. A fin de formar un orificio pasante 7, el nivel del material de producto final no excede la parte superior

de la estructura 14 de fabricación del orificio pasante. Durante el proceso de moldeo, las nanoestructuras se transfieren al producto final 12 como se muestra en la Fig. 14. El orificio pasante 7 se forma junto con las nano- y microestructuras 3, 5, 6 en una única etapa de moldeo. Por ejemplo, el orificio pasante 7 se podría usar como una entrada 17 para el combustible 18.

5 En una realización específica detallada, no limitante, se usó el siguiente monómero como segunda resina 4 de curado mediante UV: un éter diglicídico de bisfenol A (DGE-BPA). Como fotoiniciador, se usó una sal de triarilsulfonio (TAS). Como materiales para el sello 11, se usó un poli(dimetilsiloxano) PDMS. Este tipo de PDMS es adecuado como material de sello para aplicaciones de UV, ya que su característica de absorción muestra que tiene lugar una absorción relativamente baja.

10 Para la fabricación de un sello blando de la realización detallada no limitante, se empleó un marco, que es adecuado para la fabricación de sellos 11 de PDMS de cuatro pulgadas. Para la fabricación maestra para el sello 11 tridimensional, se revistió una primera materia protectora 2 positiva sobre un primer sustrato 1 de cuatro pulgadas, una oblea de silicio, seguido de litografía mediante UV, evaporación de Ni y un procedimiento de despegue para definir la máscara de grabado para las nanoestructuras 3. Las nanoestructuras 3 se transfirieron usando un
15 procedimiento de grabado mediante ion reactivo, seguido de la eliminación de níquel. Las estructuras consisten de forma ejemplar pero no limitante en líneas y espacios con una anchura de 800 nm y 1,6 μm , respectivamente. Sobre este primer sustrato 1 estructurado, se realizó una segunda exposición usando una resina 4 a base de epoxi. Aquí, se revistió una capa de 100 μm de grosor de la resina 4 a base de epoxi sobre el primer sustrato 1, y se estructuró mediante litografía por UV usando una máscara de papel metálico. En la última etapa, las estructuras
20 tridimensionales así preparadas se separaron mediante una técnica de corte por láser. También, se realizó igualmente un orificio pasante 7 para la entrada de suministro.

En la siguiente etapa de la realización detallada no limitante, se fabricó el sello 11. Se usó un prepolímero de PDMS. Para la transferencia de nanoestructuras a un sello de PDMS, la humectabilidad y la viscosidad son factores decisivos para una buena exactitud de la replicación. Por lo tanto, la mezcla de PDMS se diluyó hasta 70% en peso
25 con tolueno para reducir la viscosidad y potenciar las propiedades de humectabilidad. La mezcla mezclada se moldeó sobre el primer sustrato 1 y las estructuras unidas encima del primer sustrato 1, y se dejó sin perturbar durante 24 horas para proporcionar tiempo suficiente para la penetración de la disolución en la estructura. Entonces se calentó hasta 70°C durante 30 min. para asegurar un curado completo y la evaporación del disolvente. Después del curado, el sello de PDMS se pudo pelar fácilmente de la matriz estructurada. Para la replicación de
30 nanoestructuras y microestructuras, se usó una mezcla de DGE-BPA con 5% en peso de TAS. Esta mezcla se moldeó sobre el sello 11 de PDMS, y se desgasificó durante 5 min. Después, se colocó sobre el sello 11 un papel metálico delgado de policarbonato para definir la calidad superficial de la replicación. La exposición se realizó con una dosis de 1440 mJ/cm^2 . La parte micro- y nanoestructurada curada se pudo pelar fácilmente de la estructura matriz y se liberó del papel metálico de policarbonato.

35 La Fig. 16 muestra una aplicación de pila de combustible del producto final o dispositivo 12. Aquí, el dispositivo formado según la invención se usa de forma ejemplar pero no limitante como un sistema 22 de suministro de combustible y como un sistema 26 de gestión de agua para una pila de combustible. Un primer dispositivo 12 formado según la invención se coloca encima del primer electrodo 23, preferiblemente un ánodo. El orificio pasante 7 se usa como una entrada 17 para el combustible 18. El primer dispositivo 12 se coloca con la cara hacia arriba con
40 respecto a la Fig. 12 sobre el primer electrodo 23 y unido al mismo. El primer electrodo 23 se une por debajo a una membrana 24 que está unida por debajo a un segundo electrodo 26, preferiblemente un cátodo. El cátodo 25 se une por debajo a un segundo dispositivo 12 inventivo. El segundo dispositivo 12 inventivo está orientado como se muestra en la Fig. 12.

45 El primer dispositivo 12 es un sistema 22 de suministro de combustible. El combustible se suministra a través del orificio pasante 7. El orificio 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 segundos microcanales formados por las segundas microestructuras 6 y las nanoestructuras 3. En el lado del cátodo, el agua 21 sale del sistema 26 de gestión del agua a través del orificio
50 pasante 7 respectivo. El oxígeno como agente reaccionante se alimenta a través de los segundos microcanales al cátodo 25.

Las nanoestructuras 3 se usan para cambiar las propiedades humectantes de las superficies. El dispositivo 12 presentado aquí usa este efecto para integrar canales hidrófobos e hidrófilos 6, 5. Además, debido al proceso de moldeo usado, se podría crear un orificio pasante 7 para llevar a cabo un suministro 17 de combustible. Las medidas
55 del ángulo de contacto como se muestran en la Fig. 16 se realizaron para medir un tamaño optimizado de la estructura para la realización del sistema de suministro de combustible. En este sistema, es importante que la diferencia entre las propiedades hidrófobas e hidrófilas de los canales se maximice. Por ejemplo, las estructuras 3 de líneas y espacios muestran diferentes ángulos de contacto dependiendo de la dirección. Para la dirección transversal, se midieron ángulos de contacto mayores que en la dirección paralela a las líneas.

Para un ensayo ejemplar, se usó una estructura que consiste en líneas y espacios con una anchura y espaciado de las líneas de 800 nm, 1,6 μm , 3,2 μm y 6,4 μm , respectivamente. Estas estructuras se grabaron una profundidad de 1 μm en el sustrato de silicio y se replicaron como se describe anteriormente. Los resultados de la medida del ángulo de contacto se resumen en la Fig. 16. La diferencia más grande entre el comportamiento hidrófobo e hidrófilo se produce para las estructuras con unas líneas y espacios de 800 nm y 1,6 μm de anchura. Además de la medida de la resina estructurada, igualmente se midió la resina pura y una muestra de una materia fotoprotectora negativa a base de epoxi no estructurada. La medida de la materia fotoprotectora negativa a base de epoxi es importante debido a que la estructura final se puede unir a materias fotoprotectoras negativas a base de epoxi para lograr canales cerrados, es decir, para formar una tapa de la estructura. Sin embargo, se pueden usar diferentes materiales. El resultado de estas mediciones muestra que ambos materiales tienen un ángulo de contacto de alrededor de 65°, y por lo tanto presentan propiedades hidrófilas.

Basándose en los resultados de la medida del ángulo de contacto, se desarrolló un diseño para aprovechar el efecto de las propiedades humectantes de la estructura que dependen de la dirección. Por lo tanto, se escogió el diseño como en la Fig. 12. Las estructuras 5 de canales hidrófilos se alinearon paralelamente a las líneas 3 nanoestructuradas, y los canales hidrófobos 6 fueron ortogonales a las líneas 3. La altura de los canales puede ser 100 μm . Para un ensayo, se colocó una gota de una disolución al 5% en moles de etanol en la entrada del dispositivo 12. La disolución pasa fácilmente a través de los canales hidrófilos 5 y el área hidrófila adyacente a los canales 5, conectando los canales hidrófilos 5 con los canales hidrófobos 6. Sin embargo, puesto que las propiedades humectantes de los canales con líneas ortogonales difieren enormemente de aquellas del canal con líneas paralelas, la disolución no es capaz de entrar en los canales ortogonales 6.

Debido a este efecto, se pudo crear un sistema que se puede usar como un sistema de suministro de combustible para aplicaciones de pilas de combustible. El combustible 18 se puede transportar a través de los canales hidrófilos 5 al área en el centro de la estructura, donde se puede proporcionar a la pila de combustible. El CO_2 que se produce durante la reacción puede escapar a través de los canales hidrófobos 6.

De este modo, las propiedades humectantes de los canales 5, 6 se cambiaron usando nanoestructuras sin ningún tratamiento químico adicional.

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 en la parte superior. Esto mejora además las propiedades hidrófilas/hidrófobas de los canales.

Para concluir, los métodos según la invención permiten la integración de nanoestructuras, microestructuras y orificio pasante en un producto final en una sola etapa de moldeo.

Aunque se han mostrado y descrito aquí algunas realizaciones ejemplares de la presente invención, los expertos en la técnica apreciarán que se pueden realizar cambios a partir de estas realizaciones sin separarse del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones y sus equivalentes.

Lista de signos de referencia

- 1 primer sustrato
- 2 primera materia protectora
- 3 nanoestructuras
- 4 segunda materia protectora
- 5 primeras microestructuras
- 6 segundas microestructuras
- 7 orificio pasante
- 8 segundo sustrato
- 9 matriz previa
- 10 material elastómero polimérico
- 11 sello de polímero
- 12 producto final
- 13 salida/entrada

	14	estructura de fabricación de orificio pasante
	15	superficies nanoestructuradas hidrófilas
	16	superficies nanoestructuradas hidrófobas
	17	entrada/salida
5	18	combustible
	19	subproductos
	20	oxígeno
	21	agua
	22	sistema de suministro de combustible
10	23	primer electrodo
	24	membrana
	25	segundo electrodo
	26	sistema de gestión de agua/entrada de oxígeno
	27	hoja metálica
15	28	paredes laterales

REIVINDICACIONES

1. Método para producir un sello de polímero para la reproducción de dispositivos que comprenden microestructuras y nanoestructuras, comprendiendo el método las etapas de:

proporcionar un primer sustrato (1);

5 dar un patrón de nanoestructuras (3) que se extienden a lo largo de una primera dirección en el primer material de sustrato (1); seguido de

dar un patrón de microestructuras (5, 6) sobre el primer sustrato (1);

moldear un elastómero de polímero sobre el primer sustrato (1) con nanoestructuras (3) y microestructuras (5, 6) para formar un sello (11) de polímero; y

10 liberar el sello (11) de polímero,

caracterizado porque

la etapa de provisión de un patrón de microestructuras (5, 6) comprende al menos una de las etapas de:

15 formar 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 extienden en dicha primera dirección, y

formar segundas microestructuras (6) para que se extiendan a lo largo de una segunda dirección diferente de la primera dirección para formar canales hidrófobos junto con las nanoestructuras (3) que se extienden en la primera dirección.

20 2. Método para producir un sello de polímero de la reivindicación 1, en el que la etapa de provisión de un patrón de microestructuras (5, 6) comprende además al menos una de las etapas de:

formar las primeras microestructuras (5) con una anchura de 50-500 μm , preferiblemente 100-200 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferiblemente 50-200 μm , y

formar las segundas microestructuras (6) con una anchura de 1-100 μm , preferiblemente 5-50 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferiblemente 50-200 μm .

25 3. Método para producir un sello de polímero de una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la etapa de provisión de un patrón de nanoestructuras (3) comprende al menos una de las etapas de:

formar las nanoestructuras (3) con un espaciado de 70 nm-350 nm, preferiblemente 500-1000 nm y/o una sección transversal de la estructura que es de forma triangular, rectangular o de columna, y

formar la nanoestructura (3) como líneas y espacios que se extienden en la primera dirección.

30 4. Método para producir un sello de polímero de la reivindicación 1, en el que la etapa de provisión de un patrón de nanoestructuras (3) en el primer material de sustrato (1) comprende las etapas de:

cubrir el primer sustrato (1) con una primera materia protectora (2);

transferir nanoestructuras (3) a la primera materia protectora (2) por medio de procedimientos de nanolitografía;

35 cubrir el primer sustrato (1) con la primera materia protectora nanoestructurada (2) con una capa metálica;

eliminar la primera materia protectora (2) y el metal encima de la primera materia protectora (2), en el que las áreas del primer sustrato (1) sin la materia protectora (2) permanecen cubiertas por el metal;

formar nanoestructuras (3) en las partes del primer sustrato (1) no cubiertas con el metal grabando la superficie del primer sustrato (1) usando el metal que queda como una máscara;

40 eliminar el metal del primer sustrato (1).

5. Método para producir un sello de polímero de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de provisión de un patrón de microestructuras comprende al menos una de las etapas de:

cubrir el primer sustrato (1) con una segunda materia protectora (2) que es una materia fotorresistente, y llevar a cabo un procedimiento litográfico para formar microestructuras en la segunda materia protectora (2), y

formar un orificio pasante (7) a través de la segunda materia protectora (2) y el primer sustrato (1).

6. Método para producir un sello de polímero de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el elastómero polimérico comprende polidimetilsiloxano.

5 7. Método para reproducir dispositivos que comprenden microestructuras y nanoestructuras, que comprende las etapas de:

moldear un material de producto final sobre el sello (11) de polímero que comprende microestructuras (5, 6) y nanoestructuras (3) producidas mediante cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que las microestructuras (5, 6) y nanoestructuras (3) se transfieren durante la etapa de moldeado al producto final (12), y

10 liberar el producto final (12) del sello (11) de polímero.

8. Método para reproducir dispositivos según la reivindicación 7, en el que el material de producto final usado para el moldeo es un material polimérico.

9. Dispositivo que comprende:

primeros microcanales (5) que se extienden a lo largo de una primera dirección,

15 segundos microcanales (6) que se extienden a lo largo de una segunda dirección, diferente de la primera dirección, y

nanoestructuras (3) formadas al menos en la parte inferior de los primeros y segundos microcanales (5, 6) y proporcionados para extenderse al menos a lo largo de dicha primera dirección,

caracterizado porque

20 se proporciona un orificio pasante (7) que se extiende desde una superficie del dispositivo (12) para estar en comunicación con los microcanales (5, 6),

las nanoestructuras (3) y los primeros y segundos microcanales (5, 6) forman canales hidrófilos a lo largo de la primera dirección, y canales hidrófobos a lo largo de la segunda dirección, y

25 las nanoestructuras (3) se proporcionan en forma de patrón en la superficie de los microcanales (5, 6) y están formadas del mismo material que los propios microcanales (5, 6).

10. Dispositivo de la reivindicación 9, en el que el dispositivo consiste en un único material polimérico o un compuesto de un único material polimérico.

11. Dispositivo de la reivindicación 9 ó 10, en el que las nanoestructuras (3):

30 están adaptadas para proporcionar ángulos de contacto para un fluido contenido en él de 0°-90°, preferiblemente 30°-75° a lo largo de la primera dirección, y 90°-160°, preferiblemente 110-150° a lo largo de la segunda dirección, y/o

tienen un espaciado de 70 nm-3500 nm, preferiblemente 500-1000 nm; y/o

se proporcionan con una sección transversal que tiene forma triangular, rectangular o de columna;

y/o

35 se proporcionan como líneas y espacios que se extienden en la primera dirección.

12. Dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que

los primeros microcanales (5) tienen una anchura de 50-500 μm , preferiblemente 100-200 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferiblemente 50-200 μm ; y/o

40 los segundos microcanales (6) tienen una anchura de 1-100 μm , preferiblemente 5-50 μm , y una altura de 10-1000 μm , preferiblemente 50-200 μm .

13. Uso del dispositivo de una de las reivindicaciones 9 a 12 como un sistema de suministro de combustible de una micropila de combustible, en el que los primeros microcanales (5) son microcanales de suministro de combustible, y los segundos microcanales son microcanales de escape de gas, y el orificio pasante es un orificio de combustible.

14. Uso del dispositivo de una de las reivindicaciones 9 a 12 como un sistema de gestión de agua de una micropila de combustible, en el que los primeros microcanales (5) son microcanales de salida del agua, los segundos microcanales (6) se usan como suministros de agentes reaccionantes, y el orificio pasante (7) es una salida de agua.

Fig. 1

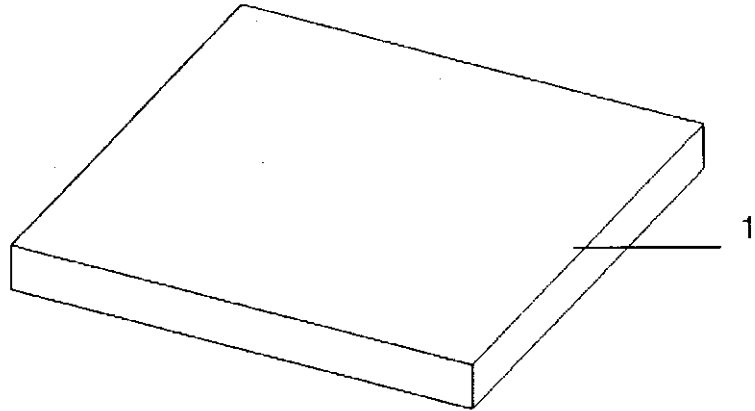


Fig. 2

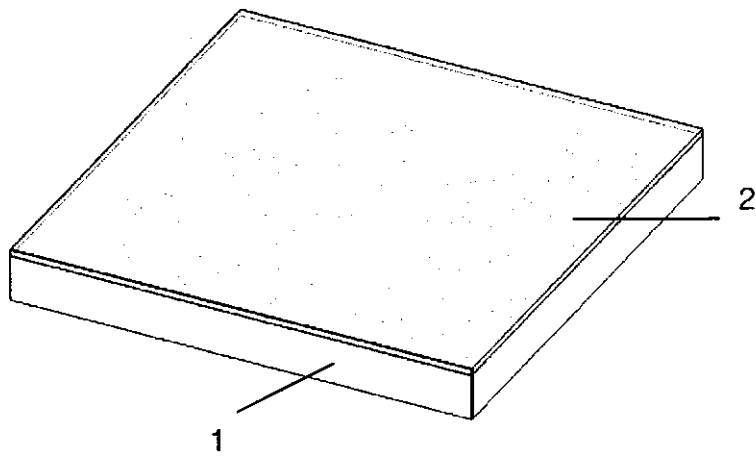


Fig. 3

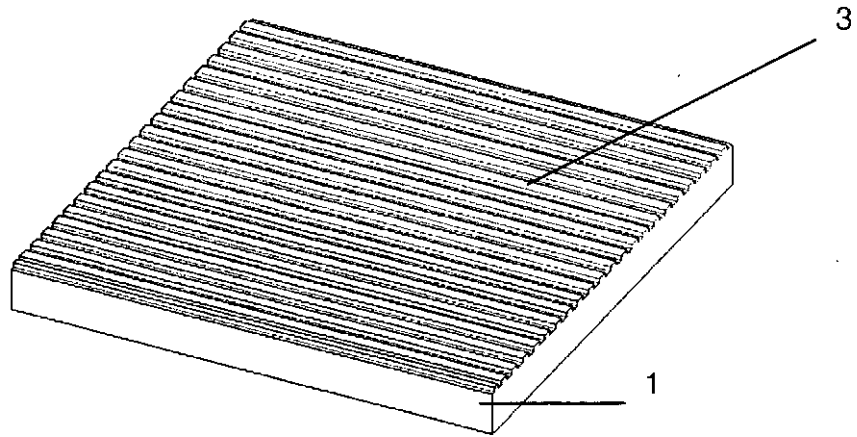


Fig. 4

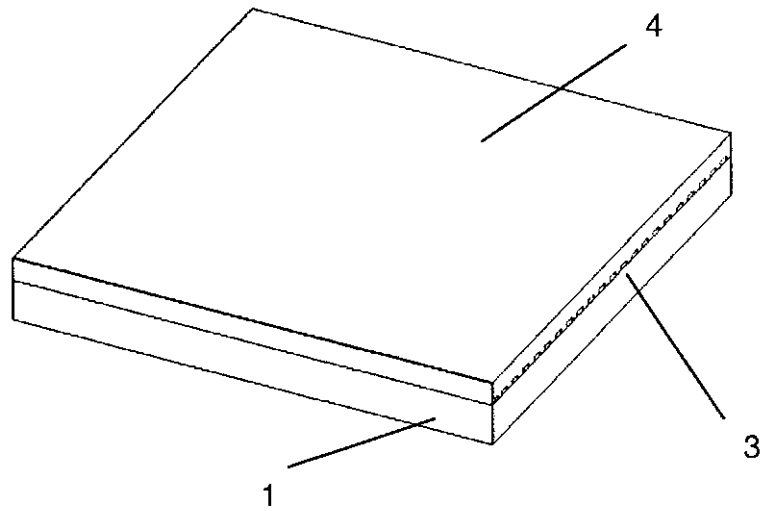


Fig. 5

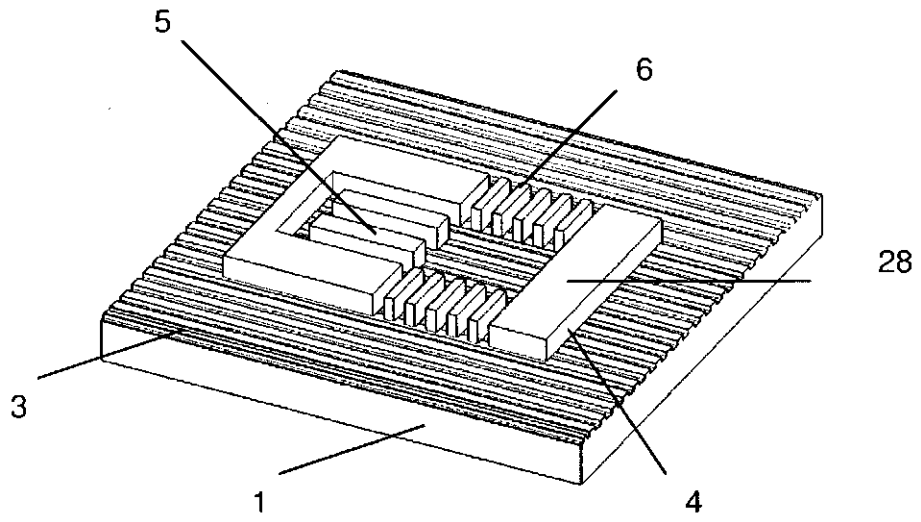


Fig. 6

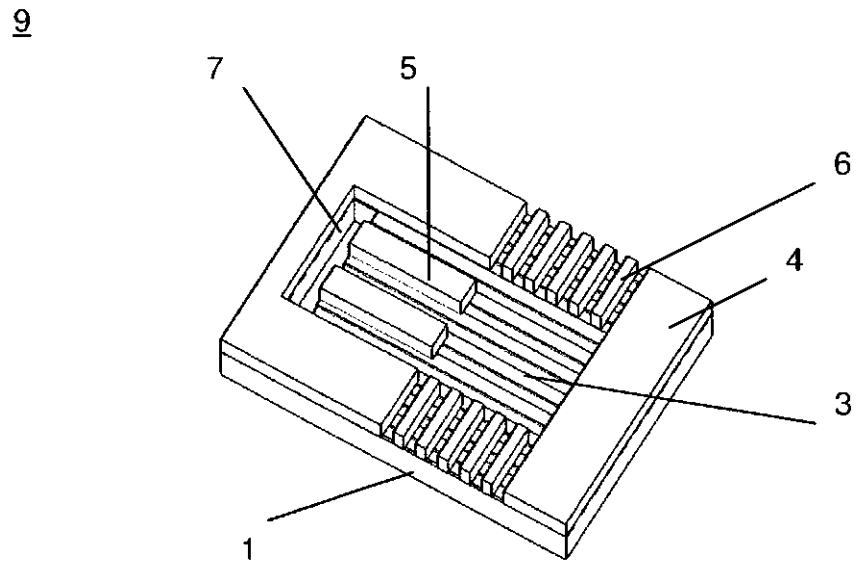


Fig. 7

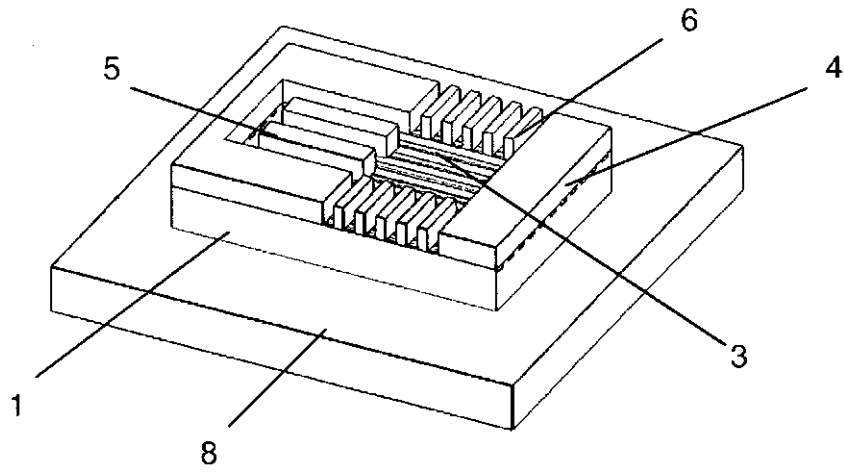


Fig. 8

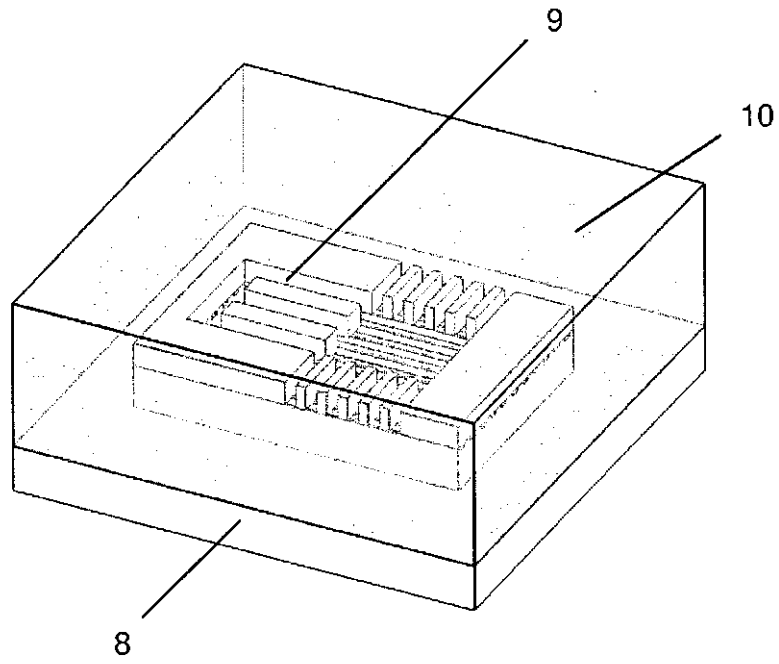


Fig. 9

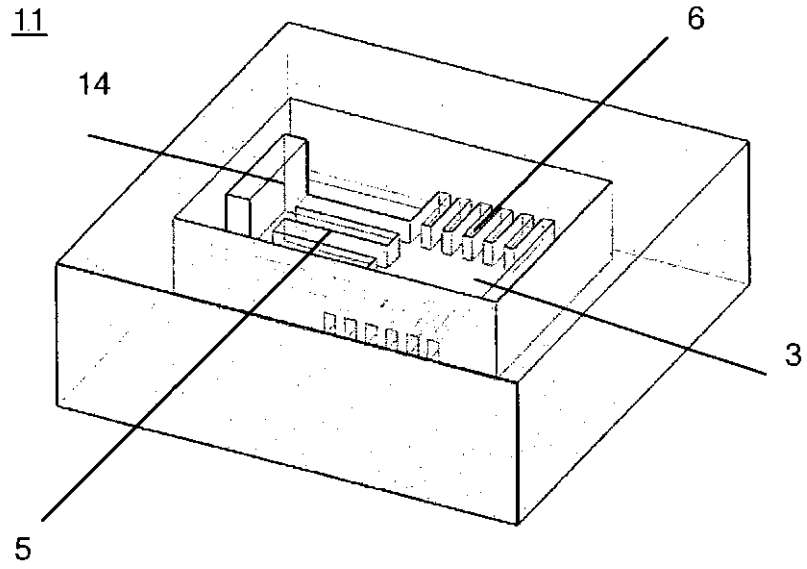


Fig. 10

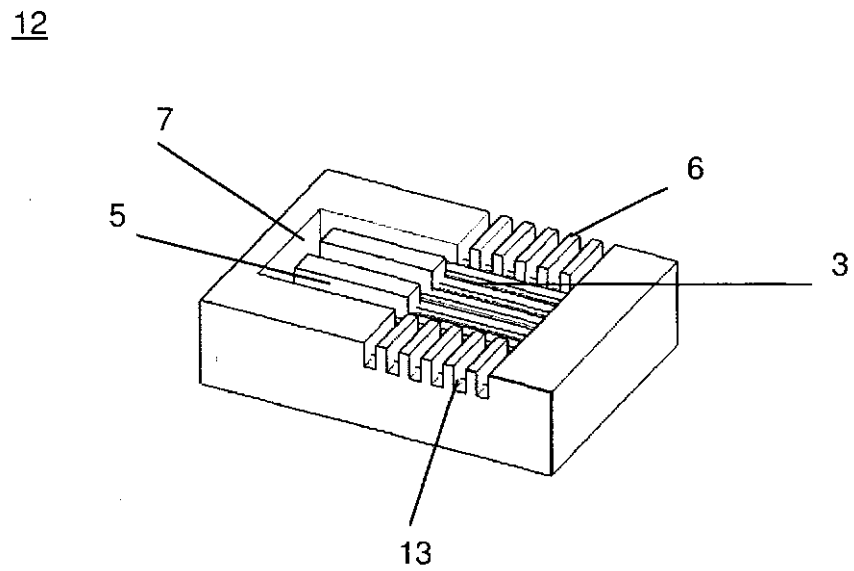
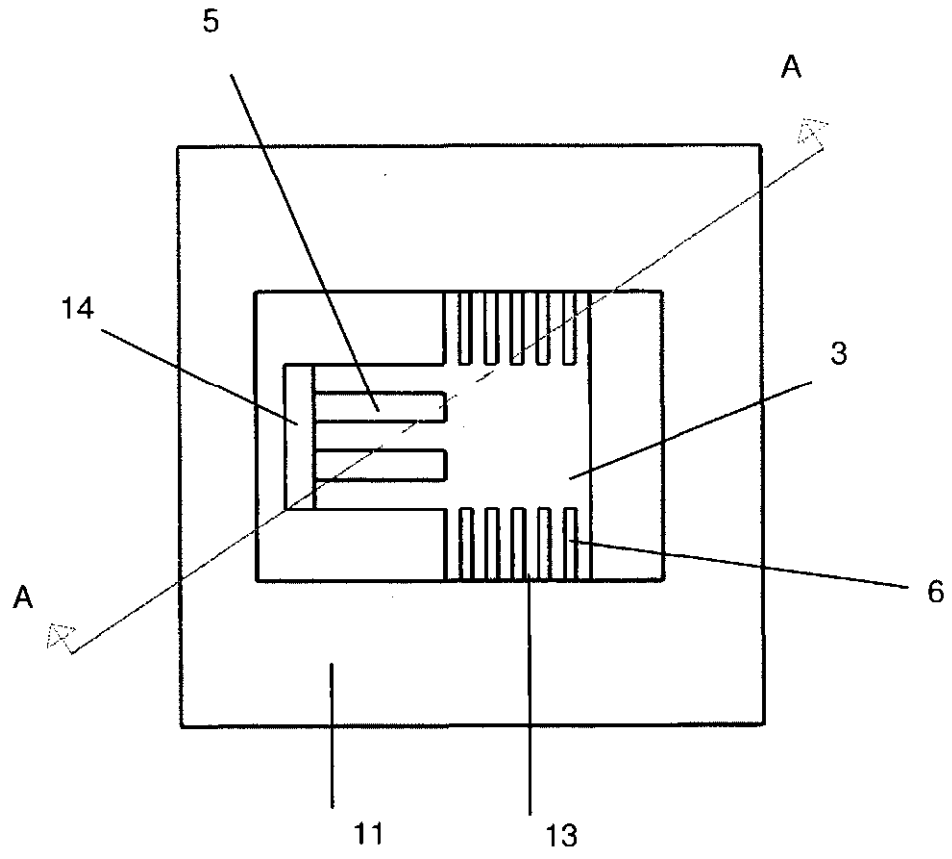


Fig. 11



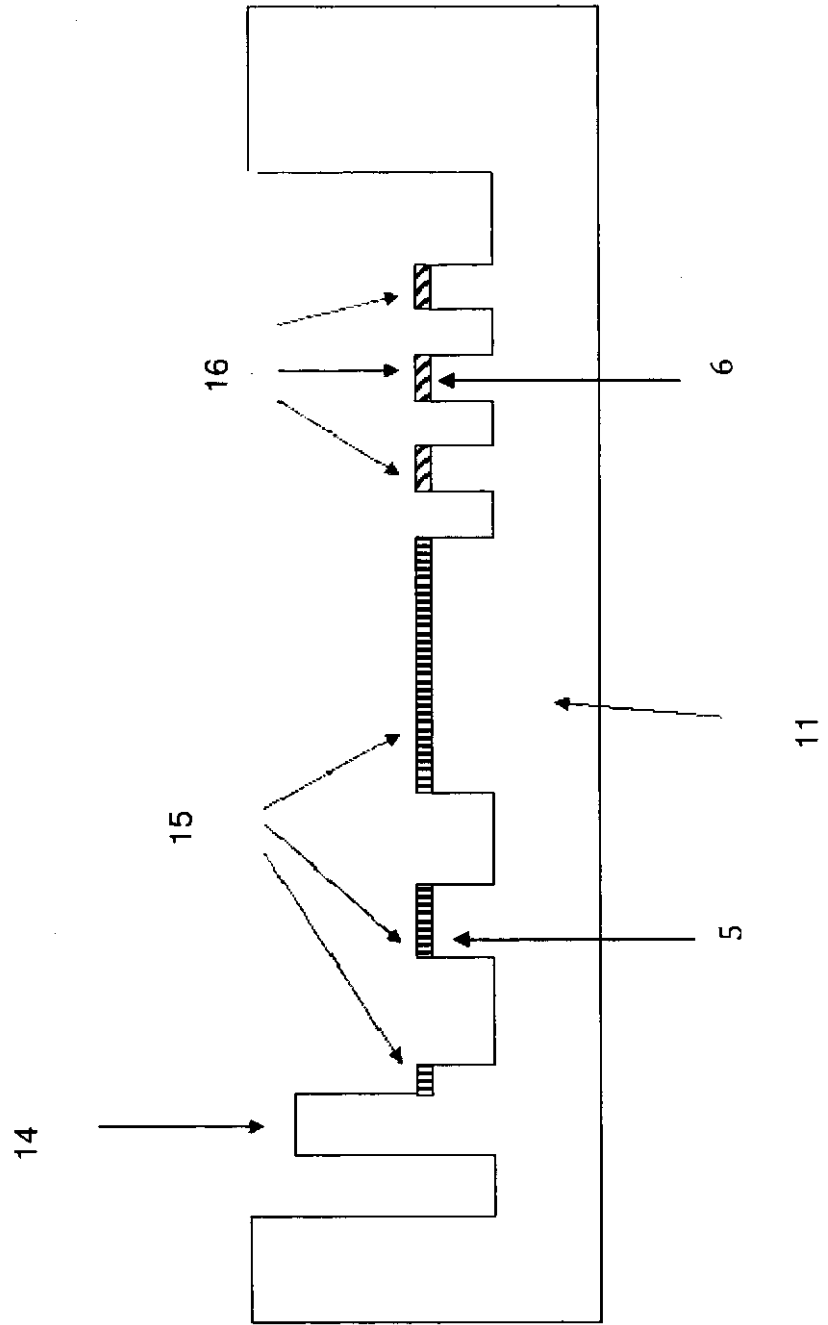


Fig. 12

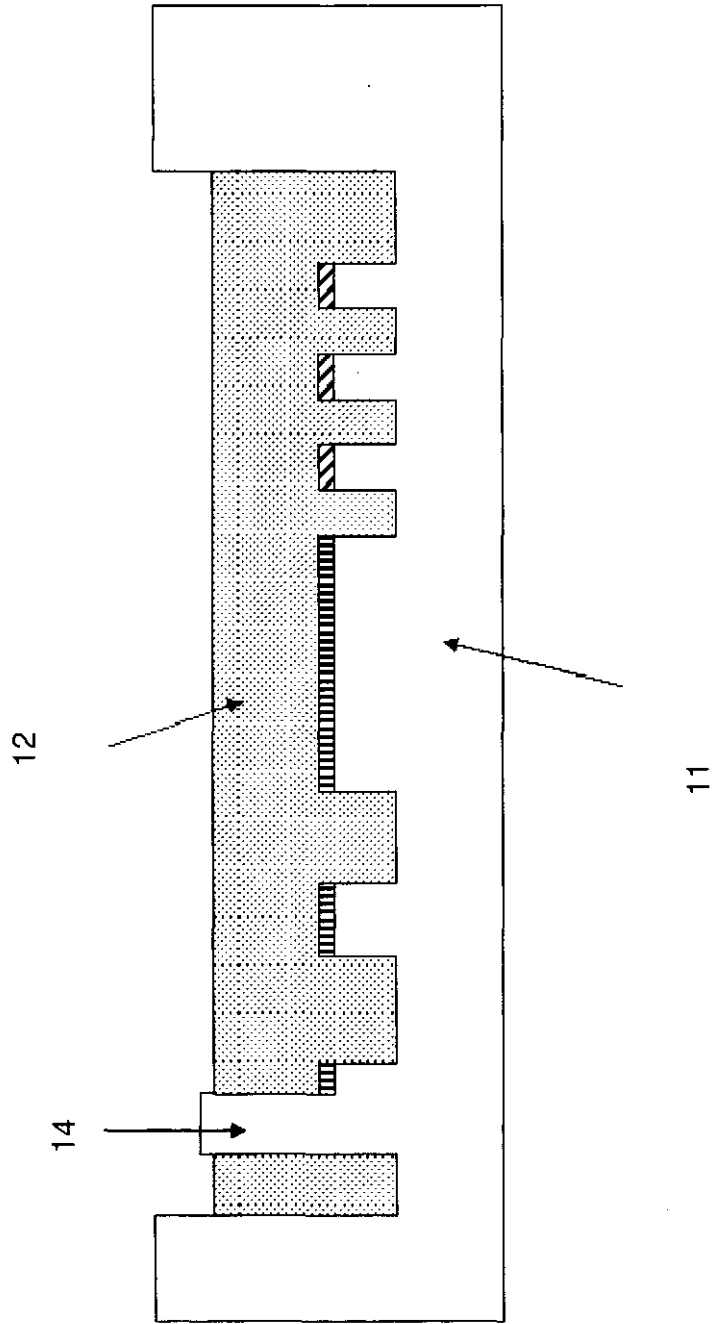


Fig. 13

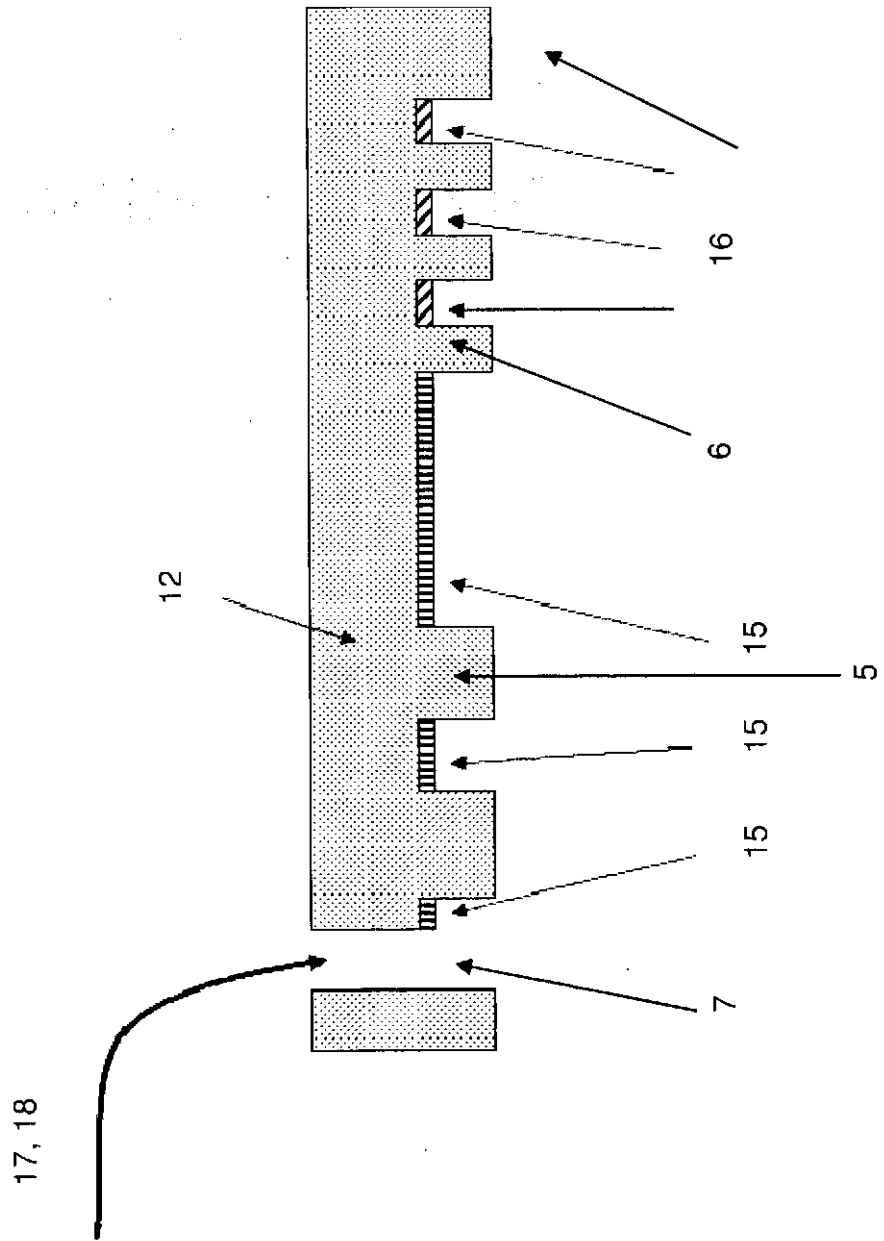


Fig. 14

Fig. 15

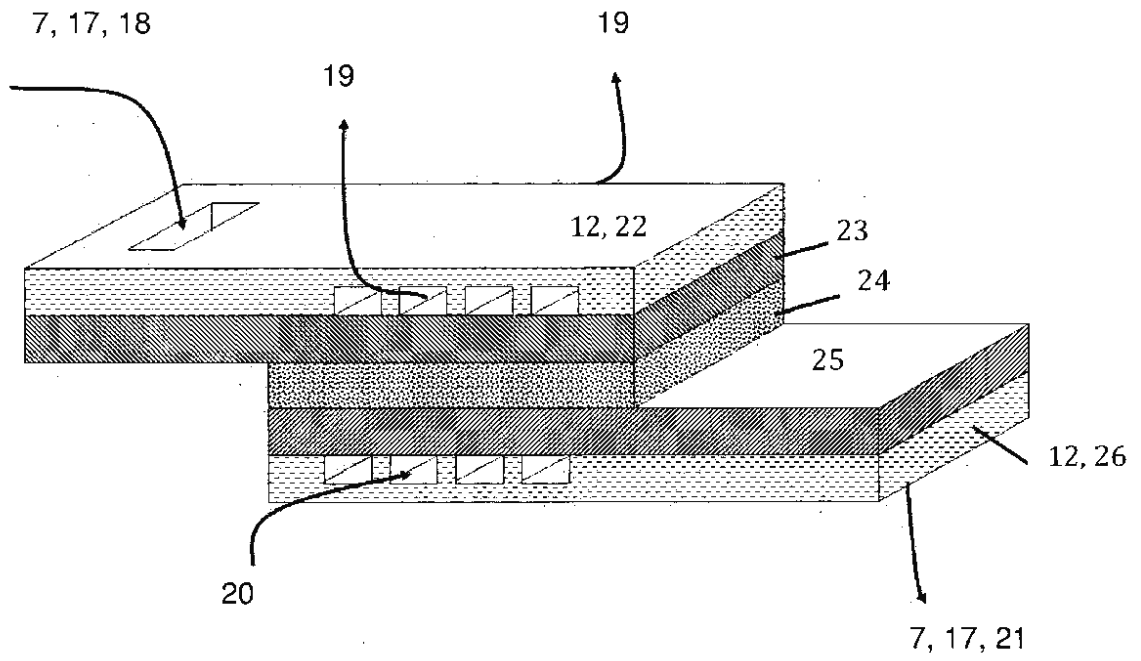


Fig. 16

