

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 525 457**

51 Int. Cl.:

F16K 99/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2011 E 11713698 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.11.2014 EP 2556282**

54 Título: **Microválvula con labio de válvula elásticamente deformable, procedimiento de fabricación y microbomba**

30 Prioridad:

30.07.2010 DE 102010032799
09.04.2010 DE 102010014308

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.12.2014

73 Titular/es:

ALBERT-LUDWIGS-UNIVERSITÄT FREIBURG
(100.0%)
Fahnenbergplatz
79085 Freiburg, DE

72 Inventor/es:

LEMKE, THOMAS;
KLÖKER, JENS;
GOLDSCHMIDTBÖING, FRANK y
WOIAS, PETER

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 525 457 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

Microválvula con labio de válvula elásticamente deformable, procedimiento de fabricación y microbomba

5 La presente invención se refiere a una microválvula que está formada por dos sustratos conectados de forma fija y presenta preferentemente un elemento actuador, por ejemplo, accionado por membrana para la abertura y cierre controlado de un primer y/o segundo paso. Además, la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación para una microválvula semejante, así como un microbomba que usa al menos una microválvula de este tipo. Esta microbomba se debe usar en particular en relación con el desarrollo de un músculo hidráulico (por ejemplo, músculo de cierre) para el tratamiento de la incontinencia de orina, fecal o disfunción eréctil.

10 Durante los últimos 20 años se han desarrollado una multiplicidad de tipos de microválvulas diferentes en el campo de la microfluídica, según se desprende, por ejemplo, del artículo resumen Oh, K. W et al.: "A review of micro valves", Journal of Micromechanics and Microengineering, 16(2006), R13 – R39. En general las microválvulas se pueden dividir en válvulas activas y pasivas, siendo unidireccional una válvula pasiva, dado que el estado de la válvula pasiva depende de la diferencia de presión aplicada. Si la presión en la salida es mayor que en la entrada, entonces una válvula pasiva bloquea. Si la presión en la salida es más baja que en la entrada, entonces la válvula permite una circulación. Las así denominadas válvulas de difusor y boquilla son una forma de realización alternativa, las cuales presentan una circulación esencialmente mayor en la dirección de paso que en la dirección de bloqueo. Las válvulas activas se pueden abrir y cerrar por el contrario independientemente de la presión de entrada y salida. Esto se efectúa en general mediante un control electrónico, por ejemplo, a través de accionamientos piezoeléctricos o electromagnéticos. En el caso de válvulas activas existe básicamente la posibilidad de posibilitar una circulación en las dos direcciones. Debido a esta bidireccionalidad la entrada y salida ya no están definidas estáticamente, sino que dependen del estado de funcionamiento de la válvula.

15 En muchas válvulas activas se desvía una membrana para abrir o cerrar la válvula. En este caso se usan una multiplicidad de principios de actuación. Además, en el caso de válvulas activas se puede diferenciar entre válvulas normalmente abiertas, normalmente cerradas y biestables. Válvulas biestables son aquellas válvulas que presentan dos estados estables y aúnan las propiedades de las válvulas normalmente abiertas y normalmente cerradas.

20 Las microválvulas se pueden aplicar en una multiplicidad de aplicaciones distintas, como por ejemplo la microdosificación, liberación de medicamentos, bioanalítica o en el así denominado "Micro total analysis systems" (μ TAS), que realizan de forma automatizada todas las etapas necesarias para el análisis químico de una sustancia.

30 La presente invención no se limita básicamente ni al tipo de válvula ni a la aplicación, pero a continuación se debe mostrar a modo de ejemplo para una válvula activa normalmente cerrada como se puede aplicar para un así denominado "artificial sphincter system", una prótesis muscular médica de cierre. Las microválvulas y microbombas conocidas, según se desprenden por ejemplo del documento DE 10 2005 038 483 B3, poseen dos sustratos reunidos con aberturas de paso y labios de válvula correspondientes, que rodean las aberturas de paso y sirven para el cierre y abertura mediante el accionamiento de la zona de membrana, que se destacan por técnicas de grabado micromecánicas como salientes del material de sustrato. No obstante, se ha mostrado que, en el caso de microválvulas semejantes, la incidencia repetida de la membrana sobre el asiento de válvula proporcionalmente duro puede conducir a un deterioro permanente del asiento de válvula. Con el transcurso del tiempo, debido a una estanqueidad decreciente esto provoca un fallo irreparable del sistema. Pero en particular para microsistemas implantables, como la prótesis muscular de cierre, es esencial un tiempo de funcionamiento sin mantenimiento lo más largo posible.

40 El documento DE 196 37 928 A1 se refiere a un dispositivo actuador de membrana para microbombas, microinterruptores o microválvulas con dos zonas de conmutación desviadas en sentido opuesto. Estas zonas de conmutación se forman por membranas delgadas, por ejemplo, de silicio. El asiento de válvula, que se obtura por una de las dos zonas de membrana, se compone esencialmente de un chip de silicio. En particular el dispositivo de microactivación biestable dado a conocer en este documento posee una membrana global ampliamente flexible, pero preformada por tensiones mecánicas internas, que libera o bloquea un camino de fluido entre los chips de silicio 8 y 9.

45 El documento US 6,736,370 B1 se refiere a una válvula de control de fluido integrada, que maneja los líquidos de proceso en relación con una elaboración de semiconductores. En una zona humedecida de la válvula entran los fluidos del proceso a través de una o varias aberturas de entrada y salen de nuevo a través de un asiento de válvula anular metálico. En la zona de funcionamiento de la válvula está previsto un cilindro deslizante, que posee un elemento horizontal superior y uno inferior y que se mueve desde arriba hacia abajo. El elemento horizontal inferior prensa una membrana contra el asiento de válvula para cerrar la válvula y se mueve alejándose del asiento de válvula para posibilitar un flujo de fluido a través de la válvula. Se presiona un resorte sobre el elemento horizontal superior del cilindro mientras que se ejerce una presión neumática controlada en el fondo del elemento horizontal inferior. El equilibrio entre la fuerza de resorte y la fuerza de la presión neumática determina la dimensión de la abertura de la válvula.

5 Del artículo Masayoshi Esashi et al.; "Normally Closed Microvalve and Micropump Fabricated on a Silicon Wafer"; Sensors and Actuators, 20, 1989, pág. 163 – 169, se conoce una microválvula normalmente cerrada y una microbomba que está fabricada de una oblea de silicio mediante la microtécnica. Una membrana de silicio móvil con un actuador piezoeléctrico mueve un asiento de válvula que se presiona contra una estructura de vidrio. El asiento de válvula es según las realizaciones respecto a la fabricación de estas microestructuras de silicio con una capa de monóxido de silicio con grosor de un micrómetro.

10 La presente invención se basa por ello en la idea de prever un labio de válvula elásticamente deformable en el caso de una válvula fabricada con un procedimiento técnico de microsistemas para la obturación de al menos una de las aberturas de paso. Con un labio de válvula elásticamente deformable de este tipo se puede prevenir, por un lado, un desgaste excesivo de las materiales durante el funcionamiento y, por otro lado, mediante la compensación de desigualdades del sustrato o adaptación flexible a las tolerancias de la estructuración se puede generar una estanqueidad esencialmente mejorada de la válvula en el estado cerrado.

15 Como material para un labio de válvula semejante viene al caso de manera ventajosa un polímero que tiene un módulo de elasticidad de como máximo aproximadamente 500 MPa, a fin de garantizar una deformabilidad y amortiguación suficientes. El labio de válvula se fabrica en una pieza de este material polimérico, según la invención en una única etapa de fotolitografía. Aunque también se pueden usar otros materiales con la elasticidad requerida, una silicona fotoestructurable directamente con un módulo de elasticidad de aproximadamente 160 MPa representa un material obturador muy apropiado.

20 Según una forma de realización ventajosa, el labio de válvula está en una posición cerrada bajo pretensión mecánica. Mediante la presión de apriete generada por ello y la deformación elástica generada con ello del labio obturador se puede garantizar una obturación especialmente segura.

25 Según una forma de realización ventajosa, la microválvula según la invención es una válvula activa y presenta al menos un elemento actuador para la abertura y cierre controlados del primer y/o segundo paso. Válvulas activas semejantes ofrecen, según ya se ha mencionado, la ventaja de que son bidireccionales y se pueden usar, por ejemplo, para la realización de una microbomba bidireccional. Pero evidentemente para un especialista queda claro que los principios según la invención se pueden aplicar igualmente para una válvula pasiva.

30 Para aplicaciones distintas es necesario que una microválvula quede en el estado cerrado sin gasto de energía y sólo se deba actuar para la abertura. Válvulas normalmente cerradas semejantes son necesarias, por ejemplo, para las prótesis musculares de cierre ya mencionadas. Por ello según un perfeccionamiento ventajoso de la microválvula según la invención, el elemento actuador se puede accionar para la abertura del primer y/o segundo paso, de modo que se puede formar una microválvula normalmente cerrada. De este modo se reduce significativamente de manera ventajosa el consumo de energía para todas las aplicaciones en las que la parte predominante de la duración del funcionamiento requiere un estado cerrado de la válvula.

35 Según la presente invención, el labio de válvula se configura en una etapa de fabricación de técnica planar sobre el primer y/o el segundo sustrato. Esta solución permite una elaboración especialmente económica, dado que las etapas de la técnica planar se pueden prever como parte del proceso de fabricación micromecánico y permiten la elaboración de discos y procesos por lotes. En particular cuando el labio de válvula se forma por una capa de silicona estructurada fotolitográficamente, se puede conseguir una forma definida y especialmente exacta del labio de válvula obturador.

40 Por ejemplo, el labio de válvula puede estar conformado en una pieza, de modo que cierra circunferencialmente de forma estanca la abertura de paso correspondiente. Esto permite una obturación especialmente segura y estable a largo plazo de la válvula en el estado cerrado. Simultáneamente también se pueden obturar frente a contrapresiones elevadas.

45 En la vista en planta el labio de válvula puede presentar las más distintas geometrías. Así se han realizado investigaciones intensivas y se han obtenido resultados positivos para los labios de válvula anulares. Pero evidentemente también se puede seleccionar cualquier otra superficie base, por ejemplo, una estructura rectangular o poligonal, asimismo como secciones transversales ovales y otras oblongas.

50 Según una forma de realización alternativa, el labio de válvula está configurado en varias partes. Por ejemplo, pueden estar previstos una multiplicidad de elementos obturadores de tipo columna dispuestos decalados. Éstos configuran en el estado descargado mecánicamente caminos de paso con resistencia fluidica baja y en el estado cargado mecánicamente bloquean el camino de fluido mediante la resistencia fluidica fuertemente aumentada. De esta manera también se puede conseguir por ejemplo una estructura dentada, disponiéndose una parte de los elementos obturadores sobre un sustrato y otra parte sobre el sustrato opuesto. Pero la cooperación de los elementos obturadores sobre los dos lados de sustrato también se puede usar evidentemente en el caso de juntas de estanqueidad circunferenciales.

La ventaja de una configuración combinada semejante es la posibilidad de reaccionar más flexiblemente a las tolerancias de fabricación y en el caso de juntas de estanqueidad aplicadas a ambos lados la posibilidad de conseguir una obturación mejorada por la cooperación de dos elementos elásticamente deformables.

5 Las propiedades ventajosas de la estructura de microválvula según la invención surten efecto especialmente cuando la microválvula está equipada para la apertura y cierre del primer y/o segundo paso mediante una membrana desviable, actuable de forma piezoeléctrica y electromagnética. Una estructura de membrana semejante se puede integrar de forma especialmente sencilla en un proceso de fabricación de técnica planar y las carreras necesarias se pueden conseguir adecuadamente de esta manera.

10 En particular las microbombas, que presentan una estabilidad a contrapresión elevada, tasa de fugas baja y eficiencia energética elevada con tamaño contractivo simultáneamente pequeño, se pueden diseñar usando la microválvula según la invención.

15 En este caso esta bomba puede contener una o varias de las microválvulas, según se muestra en el documento DE 10 2005 038 483 a modo de ejemplo para una microbomba de dos cámaras. En particular, en caso de aplicación para un sistema muscular de cierre artificial, es ventajosa la microbomba según la invención. En este caso se trata de una prótesis muscular médica de cierre, cuyo elemento nuclear es una microbomba peristáltica. Esta bomba bombea un medio fluido del así denominado reservorio a un cuerpo hinchante de compresión o a la inversa.

20 En este sistema conocido, por ejemplo, por el documento DE 102004018807 B4 y designado a continuación como GASS (German Artificial Sphincter System) se diferencian dos estados estables que están representados esquemáticamente en las figuras 37 y 38. En el estado de defecación, la mayor parte del volumen de líquido se sitúa en el reservorio, por el contrario en el estado de continencia los cuerpos hinchantes de compresión, que cierran el recto, están llenos del líquido. En estos dos estados las válvulas del sistema están cerradas, de modo que no puede tener lugar una transferencia de líquido entre el cuerpo hinchante y el reservorio. Una presión generada por la bomba se mantiene en el estado de continencia, mientras que en el estado de defecación se evita el refluo del líquido al cuerpo hinchante de compresión. Con la ayuda de la válvula según la invención se puede realizar, por un lado, un sistema normalmente cerrado, en el que sólo se debe gastar energía durante los instantes en los que se realiza la transición de un estado al otro, mientras que para el mantenimiento del respectivo estado final ajustado ya no se necesita energía. Además, las buenas propiedades de obturación de la disposición de válvula según la invención impiden un paso indeseado del líquido del cuerpo hinchante de compresión al reservorio y a la inversa y por consiguiente pérdidas de presión indeseadas.

30 Además, especialmente en sistemas implantados se desea una larga vida útil y la válvula según la invención posee un tiempo de permanencia esencialmente más largo dado que durante el cierre no tiene lugar ningún impacto duro de las estructuras funcionales de silicio, tal y como es el caso en la válvula conocida por el documento DE 10 2005 038 483 B3.

35 Según una forma de realización ventajosa de la presente invención, durante la reunión del primer y segundo sustrato se ejerce presión mecánica sobre el labio de válvula, de modo que éste se deforma en el estado cerrado. Este apriete permite la fabricación de una válvula especialmente estanca normalmente cerrada.

40 Para garantizar una presión de apriete definida en la fabricación, se pueden seguir básicamente dos enfoques diferentes: por un lado, la conexión fija entre los dos sustratos se puede realizar por una capa de unión adhesiva. En este caso a través de la altura de la capa de unión y la altura de la estructura obturadora se puede determinar el grado de la deformación que se ajusta en la posición cerrada. Pero alternativamente los dos sustratos también se pueden juntar entre sí mediante procedimiento de unión directa con asignación de temperatura apropiada. En este caso mediante una cavidad incisa definido o grabado definido para la fabricación de una cavidad con profundidad definida, etc. en una o las dos superficies del sustrato se puede ajustar el grado de la deformación del labio de válvula en el estado cerrado.

45 Básicamente es ventajoso el uso de actuadores con gran fuerza y pequeño recorrido de regulación. Aquí es especialmente apropiado y también está bien investigado un convertidor de flexión. No obstante, también se pueden concebir otros principios, por ejemplo, usando aire comprimido o principios actuadores electrostáticos o electromagnéticos. Cualquier otra forma de accionamiento, en la que una membrana flexible se pueda mover para la abertura y cierre de la válvula, se puede usar en efecto igualmente para la microválvula según la invención.

50 Además, para aplicaciones distintas puede ser necesario hacer funcionar la microválvula según la invención también con medios agresivos químicamente o contaminados biológicamente. En particular también puede existir la necesidad de una descontaminación o esterilización por agentes químicos agresivos correspondientemente. En estos casos puede aparecer el problema de que las zonas de conexión entre el primer y segundo sustrato y en particular la capa de unión se puedan atacar por los medios vertidos. En el caso más grave un ataque químico semejante sobre una capa de unión provoca el fallo del componente.

55

5 En un perfeccionamiento ventajoso de la presente invención está previsto por ello que alternativamente o adicionalmente a la obturación elástica del primer y/o segundo paso esté dispuesta hacia el exterior al menos otra estructura obturadora elásticamente deformable en las zonas marginales de la cámara de válvula y/o en las zonas marginales del elemento constructivo, mediante la que se puede proteger en particular la capa de unión frente a los medios transportados.

Según la presente invención una estructura obturadora sellante semejante se realiza de forma circunferencial, cerrada, flexible y deformable y está fabricada, por ejemplo, de una silicona fotoestructurable. Una estructura obturadora sellante semejante proporciona la resistencia química, por ejemplo, frente a medios de grabado, que se transportan a través de la microválvula o la microbomba y mejora además la empleabilidad para aplicaciones biológicas.

10 Para la mejor comprensión de la presente invención se explica ésta más en detalle mediante los ejemplos de realización representados en las figuras siguientes. En este caso las mismas piezas se proveen de las mismas referencias y mismas designaciones de componentes. Además, las características individuales o combinaciones de características de las formas de realización mostradas y descritas pueden representar soluciones autónomas tomadas en sí, inventivas o según la invención.

15 Muestran:

Fig. 1 una vista en perspectiva de una microválvula en estado cerrado;

Fig. 2 una vista en perspectiva de la microválvula de la figura 1 en estado abierto;

Fig. 3 una vista en detalle de la válvula de la figura 1;

Fig. 4 una vista en detalle de la válvula de la figura 2;

20 Fig. 5 una microválvula según otra forma de realización en el estado cerrado;

Fig. 6 una vista en perspectiva de la válvula de la figura 5 en el estado abierto;

Fig. 7 un primer sustrato en el estado de partida;

Fig. 8 el primer sustrato después del crecimiento del óxido húmedo y la separación del nitruro de silicio;

Fig. 9 el primer sustrato después de la estructuración de una laca fotosensible;

25 Fig. 10 el primer sustrato después del grabado en seco;

Fig. 11 el primer sustrato después de la retirada de la laca fotosensible;

Fig. 12 el primer sustrato después del grabado en húmedo en KOH controlado por tiempo;

Fig. 13 el primer sustrato después de una etapa de grabado por ácido fluorhídrico;

Fig. 14 el primer sustrato después de la metalización al vacío de una capa de metalización;

30 Fig. 15 el primer sustrato después de la estructuración fotolitográfica de silicona recubierta por centrifugado;

Fig. 16 un segundo sustrato en el estado de partida;

Fig. 17 el segundo sustrato después del crecimiento del óxido húmedo y la separación del nitruro de silicio;

Fig. 18 el segundo sustrato después de la aplicación y estructuración de una laca fotosensible;

Fig. 19 el segundo sustrato después de una etapa de grabado en seco;

35 Fig. 20 el segundo sustrato después de la retirada de la laca fotosensible;

Fig. 21 el segundo sustrato después del grabado en húmedo en KOH controlado por tiempo;

Fig. 22 el segundo sustrato después de una etapa de grabado de ácido fluorhídrico;

Fig. 23 el segundo sustrato después de la laminación de una capa de unión adhesiva;

Fig. 24 el segundo sustrato después de la estructuración fotolitográfica de la capa de unión;

40 Fig. 25 el primer y segundo sustrato durante la etapa de ajuste;

- Fig. 26 el primer y segundo sustrato durante la unión bajo presión mecánica;
- Fig. 27 la disposición de microválvula terminada después de la colocación de un actuador piezoeléctrico;
- Fig. 28 una representación esquemática de una microbomba con una válvula obturadora;
- Fig. 29 una representación esquemática de una microbomba con dos válvulas obturadoras;
- 5 Fig. 30 el primer y segundo sustrato según una forma de realización alternativa durante la etapa de ajuste;
- Fig. 31 el primer y segundo sustrato según una forma de realización alternativa durante la unión bajo presión mecánica;
- Fig. 32 la disposición de microválvula terminada según una forma de realización alternativa después de la colocación de un actuador piezoeléctrico;
- 10 Fig. 33 una vista en planta de una abertura de paso, que está obturada con una multiplicidad de elementos obturadores, en el estado abierto;
- Fig. 34 otra forma de realización usando una multiplicidad de elementos obturadores en el estado abierto;
- Fig. 35 la disposición de la figura 33 en el estado cerrado;
- Fig. 36 la disposición de la figura 34 en el estado cerrado;
- 15 Fig. 37 una sección transversal a través de la disposición de válvula con elementos obturadores en el primer y el segundo sustrato en el estado abierto;
- Fig. 38 la disposición de la figura 37 en el estado cerrado;
- Fig. 39 otra disposición de válvula con una multiplicidad de elementos obturadores con paredes achaflanadas;
- Fig. 40 una representación esquemática de un sistema muscular de cierre artificial en el estado continente;
- 20 Fig. 41 el sistema muscular de cierre de la figura 40 en el estado de defecación.

La figura 1 muestra en una vista en perspectiva en sección una microválvula 100 según la invención según una primera forma de realización ventajosa. La microválvula 100 presente una primera abertura de paso 102 y una segunda abertura de paso 104, a través de las que puede entrar o salir un fluido (un líquido o un gas). A modo de ejemplo aquí se supone que el paso 102 es una entrada y el paso 104 una salida. Pero evidentemente para las aberturas a obturar también se pueden seleccionar otras disposiciones. La microválvula mostrada en la figura 1 posee como mecanismo de accionamiento una cerámica piezoeléctrica 106 que está montada, por ejemplo pegada, de forma fija sobre la membrana 108.

En la presente forma de realización la membrana es una membrana de silicio 108. No obstante, la membrana también puede estar fabricada de otros materiales. Puede ser necesario aplicar un recubrimiento conductor sobre el lado de la membrana dirigido hacia el lado del actuador. Asimismo es posible aplicar una metalización estructurada en el lado de la membrana que posibilite poner en contacto el actuador piezoeléctrico directamente y sin procedimiento de unión por cable a través de procedimiento de juntura conocidos (pegado, unión, etc.). Además, es posible proveer el lado del actuador dirigido hacia la membrana de una metalización estructurada, para montarlo luego sobre la membrana. Mediante la aplicación de una tensión en la cerámica piezoeléctrica 106 se combe la membrana, según se conoce en principio, y en este caso se puede mover tanto en una dirección hacia la primera abertura de paso 102, como también alejándose de la abertura de paso.

Según la invención para la obturación de la primera abertura de paso 102 está previsto un labio de válvula 110. En la forma de realización mostrada, el labio de válvula 110 está colocado en la membrana configurada en un primer sustrato 112. La abertura de entrada 102 y la abertura de salida 104 están configuradas en el segundo sustrato 114. En la primera forma de realización, los dos sustratos están conectados entre sí de forma fija mediante una capa de unión 116 adhesiva de grosor definido exactamente.

Según se clarifica aun más por las figuras 3 y 4 siguientes, el labio de válvula 110 está formado por un material elásticamente deformable y se deforma en el estado cerrado de la válvula 100 mostrado en la figura 1. Mediante esta deformación elástica en el estado cerrado se puede conseguir una posición especialmente segura y cerrada estanca de la válvula 100. En el ejemplo de realización aquí mostrado se trata de una válvula normalmente cerrada, es decir, la posición cerrada mostrada en la figura 1 es la posición de reposo que adopta la membrana 108 cuando en la cerámica piezoeléctrica 106 no se aplica una tensión eléctrica. La ventaja de una válvula normalmente cerrada semejante

consiste ante todo en que no se debe gastar energía para el mantenimiento del estado cerrado.

5 En la figura 3 y 4 está representada de forma ampliada la zona alrededor de la abertura de entrada 102. El labio de válvula 110 según la invención tiene una forma anular y en la forma de realización mostrada rodea circunferencialmente la abertura de entrada 102 aquí rectangular. En el estado cerrado (mostrado en la figura 3) el labio de válvula 110 se comprime en un valor de grosor, que se puede ajustar a través del grosor de la capa de unión 116 (representada en la figura 1) y la altura de la estructura obturadora 110. Al juntar el primer y segundo sustrato 112, 114 se produce un recalco del anillo obturador conforme al grosor de la capa de unión 116 y por consiguiente se alcanza el carácter normalmente cerrado de la válvula 100.

10 Si la membrana 108 se desvía en la dirección 118 por un campo eléctrico aplicado en el actuador piezoeléctrico 106, el material del labio obturador se distiende en primer lugar. En el caso de desvío de la membrana suficientemente elevado se origina finalmente una hendidura entre el labio obturador y el sustrato opuesto, a través de la que puede fluir el fluido (véase figura 4). Tras la finalización de la actuación, la membrana 108 regresa a su posición no actuada y el anillo obturador 110 se recalca nuevamente y por consiguiente se obtura la entrada 102 frente a la salida 104. Según la invención el labio de válvula 110 blando amortigua el impacto y se evita en particular un deterioro paulatino de los elementos en contacto durante el funcionamiento dinámico. Cuanto mayor es la deformación en el estado no actuado, tanto mayor es también la presión frente a fugas en la entrada y por consiguiente la estanqueidad a conseguir. Por otro lado, con recalcos menores se puede conseguir una tasa de circulación más elevada en el estado abierto.

15 Numerosas investigaciones experimentales y simulaciones por ordenador han mostrado que la estructura exacta del labio obturador 110 (en la forma de realización mostrada, una estructura anular con sección transversal trapezoidal) tiene una importancia decisiva para las propiedades de circulación en el estado abierto y la estanqueidad en el estado cerrado. Según la invención el labio de válvula se fabrica mediante un proceso de fabricación de técnica planar usando una silicona fotoestructurable sobre el primer sustrato 112.

20 Por ejemplo, como material para el labio obturador se puede usar una silicona fotoestructurable de la empresa Dow Corning, WL-5150. Este material se puede usar para la fabricación de capas de espesor de 15 a 40 μm o estructuras asiladas correspondientes con relaciones de aspecto de hasta 1,3; en este caso son posibles anchuras de estructura $\geq 15 \mu\text{m}$. La viscosidad del material de partida, que se comporta como una laca fotosensible negativa, es de 450 cPa. El módulo de elasticidad de la silicona procesada es de 160 MPa, la tensión propia en el disco de silicio 2,6 MPa y la resistencia a tracción 6 MPa. La dilatación se indica con el 37,6%. Por ensayos de nanoindentación se desprende una dureza de nanoindentación de 9,5 MPa y un módulo de nanoindentación de 300 MPa. Se constata una estabilidad térmica hasta 300 °C. El coeficiente de dilatación térmica es de $236 \cdot 10^{-5} \text{ 1/K}$. La absorción de humedad es de 0,24% medido con el test de olla a presión. Estos datos se conocen por el fabricante en Dow Corning: "Dow Corning WL-5150 photo definable spin on silicone notes", notas, 2006, o bien Dow Corning: "information about Dow Corning brand low stress patternable silicone materials", hoja de características 2003.

25 Pero, según se ha mencionado ya, también se puede usar otro polímero que presente un módulo de elasticidad de cómo máximo 500 MPa en el estado procesado definitivo.

30 El material se configura, según se describirá a continuación todavía en detalle en referencia a las figuras 7 a 27, con un proceso de fotolitografía estándar sobre la superficie interior de la membrana. Esta disposición tiene la ventaja de que la oblea, que contiene el primer sustrato 112, es completamente plana en esta superficie y por ello se puede recubrir de forma especialmente sencilla por el recubrimiento por centrifugación con la silicona. Pero evidentemente también puede estar previsto configurar el labio obturador 110 sobre el segundo sustrato 114. Además, las estructuras obturadoras, que cooperan para conseguir la obturación necesaria en el estado cerrado, también pueden estar dispuestas tanto en el primer sustrato 112 como también en el segundo sustrato 114.

35 Un modo de fabricación alternativo de la microválvula 100 según la invención se explica a continuación en referencia a las figuras 5 y 6. En este caso la diferencia esencial respecto a la primera forma de realización explicada hasta ahora consiste en que los sustratos 112, 114 se reúnen sin capa de unión 116 adhesiva adicional mediante un procedimiento de unión directa. En la unión directa de silicona los sustratos de silicio se oxidan en primer lugar térmicamente, según se conoce en sí, o ya poseen una capa de óxido natural que se hidrofiliiza por un tratamiento superficial. Las superficies de la oblea a conectar se humedecen por capas de agua que sólo comprenden una o dos moléculas de agua y se ponen en contacto entre sí. La interacción atractiva entre los dos sustratos después de esta etapa se basa en la configuración de enlaces por puente de hidrógeno, pero que en primer lugar todavía son débiles. Mediante el temple de la disposición o por distintas modificaciones químico físicas del proceso, la resistencia a unión puede alcanzar los valores deseados. Alternativamente también se pueden usar procedimientos como la unión eutéctica o la unión anódica, cuando se metaliza correspondientemente uno de los dos sustratos o está hecho de un vidrio. En todos los procedimientos de unión se debe atender a la asignación de temperatura apropiada, dado que el material elástico se destruye en general a altas temperaturas.

40 En todos los procedimientos de unión que funcionan sin capas intermedias 116 de grosor apreciable se prevé según la

invención una cavidad incisa 120 en el segundo sustrato 114. Mediante la profundidad de la cavidad incisa y la altura de la estructura obturadora elástica se puede ajustar luego el grado de la deformación del labio de válvula 110 en el estado normalmente cerrado. Por ejemplo, se puede fabricar dicha cavidad incisa mediante grabado iónico reactivo.

5 Para un especialista queda claro además que el ajuste de la deformación del labio de válvula 110 también se puede determinar mediante una combinación del grosor de la capa intermedia de unión y una cavidad incisa.

10 En referencia a las figuras 7 a 27 se debe explicar en detalle a continuación la fabricación de una disposición de válvula según la invención. En este caso se parte de una fabricación de la válvula 100 a partir de dos sustratos de silicio. Pero evidentemente conforme al conocimiento técnico general también se pueden usar otros materiales. En este caso sobre el primer sustrato se genera una membrana por grabado en KOH y el lado exterior posterior de este sustrato se metaliza al vacío sucesivamente con cromo y oro, a fin de permitir un contacto eléctrico de los actuadores. En el lado interior posterior del primer sustrato se fabrican según la invención los labios de válvula anulares a partir de la silicona fotoestructurable Dow Corning WL-5150.

15 En el segundo sustrato mediante un grabado en KOH se estructuran igualmente agujeros de paso que sirven como entradas y salidas de las válvulas. A continuación se lamina una resistencia fotosensible en seco (p. ej. Ordyl SY300 de Elga Europe o SU8) en el lado superior de este sustrato y se estructura de forma fotolitográfica. Los dos sustratos, todavía en forma de oblea, se ponen en contacto ahora y se junta bajo presión. Después del aislamiento de las válvulas individuales se equipan éstas con actuadores piezoeléctricos. Aquí se puede usar, por ejemplo, un sistema epoxi eléctricamente conductor. Finalmente las válvulas se ponen en contacto eléctricamente mediante conexiones vía cable.

20 La figura 7 muestra el sustrato de partida para el primer sustrato 112. En este caso usan, por ejemplo, obleas de silicio tipo n con una orientación (100). Las obleas tienen, por ejemplo, un diámetro de 100 mm y un espesor de 525 µm y están pulidas por ambos lados. La figura 8 muestra el primer sustrato 112 después del crecimiento de 300 nm de óxido húmedo a 950 °C y la separación de 100 nm LPCVD (low pressure chemical vapour deposition) de nitruro de silicio a 760 °C. La capa de dióxido de silicio está provisto de la referencia 122, la capa de nitruro de silicio de la referencia 124. En una etapa siguiente, que se ilustra en la figura 9, se aplica y estructura una laca fotosensible 126. Con la ayuda de la capa de laca fotosensible se estructuran la capa de nitruro y la capa de dióxido de silicio mediante una etapa de grabado en seco (figura 10) y a continuación la capa fotosensible se retira químicamente en húmedo (figura 11). La figura 12 representa esquemáticamente el grabado en húmedo controlado por tiempo del sustrato 112 en una solución alcalina de hidróxido de potasio al 30% a 60 °C. Mediante esta etapa del proceso se configura la membrana 108. La capa de nitruro de silicio / dióxido de silicio 122, 124 enmascarante se retira a continuación, según se muestra en la figura 13, mediante ácido fluorhídrico al 10%. La figura 14 muestra el sustrato 12 después una etapa de metalización, en la que se aplica una capa de cromo de 20 nm de espesor y una capa de oro 130 de 200 nm de espesor.

35 La figura 15 muestra la estructuración fotolitográfica según la invención de una capa de silicona recubierta por centrifugación, a fin de configurar el labio de válvula 110 sobre el lado de la membrana 108 opuesto al actuador. En este caso, según se conoce en principio, en primer lugar se proyecta el material precursor líquido, se seca mediante una etapa de temple y a continuación se expone. El material de silicona usado es una laca fotosensible negativa, de modo que las zonas expuestas se reticulan transversalmente y permanecen posteriormente. Después de la exposición sigue otra etapa de temple y a continuación la retirada del material no expuesto en la etapa de desarrollo. Un tiempo de caldeo finaliza el procesado, en el que el material se contrae otra vez en aprox. el 2% (indicación del fabricante).

40 Según el presente ejemplo de realización, para la fabricación del segundo sustrato 114 se usan de nuevo discos (100) de silicio tipo n con un diámetro de 100 mm y un espesor de 525 µm que están pulidos por ambos lados. Análogamente a la fabricación del primer sustrato se aplican las capas de enmascarado de dióxido de silicio y nitruro de silicio y se estructuran mediante una laca fotosensible 126. En la etapa de grabado en húmedo controlada por tiempo representada en la figura 21 se configuran las aberturas de paso 102 y 104 en el segundo sustrato 114. Para fabricar la variante mostrada en la figura 1 y 2 con capa de unión 116 adhesiva, se lamina por ejemplo una resistencia fotosensible en seco, usándose por ejemplo una temperatura de rodillo de 100 °C y una velocidad de laminación de 0,9 cm por segundo. Mediante una estructuración fotolitográfica se descubre la zona interior posterior de la válvula.

Según se clarifica por una comparación de las diferencias de grosor esquemáticas entre el material del labio obturador 110 y la capa de unión 116 (véase la figura 15 y figura 24), se puede ajustar el grado de la deformación del labio obturador 110 en el estado no actuado mediante esta diferenciación del grosor de capa.

50 Las figuras 25 a 27 muestran el montaje final de la estructura de válvula. En este caso el primer y segundo sustrato 112, 114 se ajustan en primer lugar en referencia entre sí, de modo que el labio de válvula 110 está dispuesto correspondientemente sobre la abertura de entrada 102. Ejerciendo una fuerza de unión de, por ejemplo, 60 N/cm² y una temperatura de unión de aprox. 95 °C se unen los dos sustratos y por consiguientes se conectan entre sí de forma separable. La figura 27 muestra el producto final aislado después de que el actuador piezoeléctrico 106 se ha pegado mediante un adhesivo conductor y puesto en contacto eléctricamente vía cables.

55

Para el caso en que se prevé una cavidad incisa y los dos sustratos se juntan sin la capa de unión 116, después de la etapa de la figura 22 se realiza una etapa de grabado correspondiente.

5 Aparte de estos procedimientos técnicos de proceso para obtener un pretensado del labio obturador 110 en el estado de reposo a través de relaciones de grosor de capa definidas, también existe la posibilidad de usar el principio físico de una histéresis mecánica de la membrana 108. Por ejemplo, se conoce que los actuadores piezoeléctricos presentan una histéresis semejante en su deformación. Asimismo una membrana pretensada por compresión muestra un comportamiento de histéresis, independientemente del tipo de la actuación. De esta manera se puede conseguir que mediante la aplicación breve correspondiente de una tensión eléctrica en el actuador piezoeléctrico se ajuste un desvío restante de la membrana 108, de modo que el labio de válvula 110 también quede en un estado deformado después de la desconexión de la tensión.

10 Las figuras 28 y 29 muestran a modo de ejemplo dos microbombas que se han fabricado usando el principio según la invención. En este caso se trata de bombas de tres cámaras, que tienen una entrada 202 con una primera membrana 203 actuadora y una salida 204 con una segunda membrana 205 actuadora. Una tercera membrana 207 desviable sirve para el desplazamiento de volumen, según se conoce en general. El labio de válvula 210 según la invención puede estar previsto en este caso sólo en la entrada 202 o también en la entrada y salida 202, 204.

En las figuras 30 a 32 se muestra otra forma de realización ventajosa de la presente disposición de válvula 100 según la invención. En este caso está prevista, adicionalmente al labio de válvula 110, otra estructura obturadora 111 sellante, que termina de forma estanca a fluidos la conexión entre el primer y segundo sustrato 112, 114 tanto en la dirección hacia la cámara de válvula como también hacia las zonas marginales exteriores del componente.

20 También la estructura obturadora 111 sellante se puede dimensionar de modo que se comprime durante la etapa de reunión de la figura 31, a fin de garantizar una protección fiable frente a la penetración de fluidos. Mediante una junta de estanqueidad 111 elástica semejante se origina, según se muestra en la figura 32, un sellado circunferencial cerrado que protege el material de unión 116 frente a sustancias químicas y/o biológicas. En este caso el fluido, que humedece la válvula, sólo entra en contacto con el silicio y la silicona. Esto tiene una gran importancia en particular al usar una capa de unión adhesiva.

30 No obstante, la configuración según la invención de un labio de válvula no se limita a labios de válvula 110 en una pieza, anulares o en forma de marco, según se han mostrado hasta ahora. Alternativamente también se pueden usar geometrías en varias piezas. La configuración está realizada de manera que, en caso de presión vertical sobre la estructura obturadora, se produce una deformación lateral lo más acusada posible (véase figura 33). Entonces se pueden disponer, por ejemplo, elementos de labio de válvula 132 en forma de columna, que presentan aquí una sección transversal de nuevo anular, alrededor de la abertura de paso 102. En las figuras 33 y 34 se dan dos ejemplos para una forma de realización semejante en varias piezas en el respectivo estado abierto. En el estado abierto el fluido 134 puede fluir entre los elementos obturadores 132 con resistencia fluidica relativamente baja. No obstante, si la membrana se baja y se deforman los elementos obturadores se aproximan unos a otros, de modo que se bloquea el paso del fluido. Esto se muestra en las figuras 35 y 36. En este caso, por ejemplo, en la figura 36 están dispuestos de forma decalada una multiplicidad de elementos de labio de válvula 132 semejantes, de modo que se asegura una obturación fiable de la válvula en el estado cerrado.

40 Según se clarifica en referencia a las figuras 37 a 39, los elementos obturadores deben estar dispuestos no sólo sobre un sustrato, sino que pueden estar dispuestos engranados entre sí también sobre el primer y el segundo sustrato 112, 114. En particular cuando se prevén paredes laterales achaflanadas, según se clarifica en la figura 39, se puede conseguir una obturación especialmente buena sin necesitar para ello una carrera demasiado grande de la membrana. Otra realización ventajosa se origina al usar elementos de columna en varias piezas, con deformación preferentemente lateral, que se pueden posicionar a una distancia consabida entre sí sobre el sustrato superior e inferior. El efecto obturador se origina por la junta lateral de los elementos de columna superiores e inferiores bajo carga a presión.

45 En las figuras 40 y 41 está representado finalmente un sector de aplicación ventajoso para una microbomba según los principios según la invención. Un sistema muscular anular 300 artificial según el principio hidráulico, que se puede usar, por ejemplo, para el cierre de un recto 302, comprende un cuerpo hinchante de compresión 306 colocado sobre un anillo portador 304 y un reservorio 308. El cuerpo hinchante de compresión 306 está conectado de forma fluidica con el reservorio 308 a través de la microbomba 310 según la invención. El estado mostrado en la figura 40 es el así denominado estado de continencia, en el que la mayor parte del fluido se sitúa en el cuerpo hinchante de compresión. La disposición según la invención permite ahora que sin gasto de energía y con gran fiabilidad se impida un reflujo del fluido desde el cuerpo hinchante de compresión 306 al reservorio 308.

Mediante el control correspondiente de la bomba 310 se puede bombear el fluido al reservorio 308 para la defecación y después de la finalización de este proceso de nuevo de vuelta al cuerpo hinchante de compresión 306.

55 La estructura de bomba según la invención tiene la ventaja para el sistema muscular de cierre 300 artificial que sólo se

debe consumir energía para los procesos de transición entre los estados mostrados en la figura 40 y figura 41. Para el mantenimiento de los estados correspondientes no se necesita un suministro de energía y la bomba obtura respectivamente de forma fiable.

5 Además, al evitar los contactos duros entre elementos móviles y estacionarios de la válvula según la invención se puede aumentar significativamente la estabilidad a largo tiempo de la disposición.

10 En el proceso de fabricación según la presente invención puede estar previsto que en la etapa de la reunión del primer y segundo sustrato sobre el labio de válvula se ejerza una presión mecánica en la dirección de la reunión, de modo que el labio de válvula esté deformado con la válvula cerrada a fin de formar una microválvula normalmente cerrada. Antes de la etapa de la reunión del primer y segundo sustrato se puede aplicar además sobre al menos uno de los dos sustratos una capa de unión, cuyo espesor de capa ajusta al menos parcialmente un grado de la deformación del labio de válvula en la posición cerrada. Además, antes de la etapa de la reunión del primer y segundo sustrato se puede incorporar en al menos uno de los dos sustratos una depresión, cuya profundidad ajusta al menos parcialmente un grado de la deformación del labio de válvula en la posición cerrada.

15 Según una forma de realización ventajosa, la etapa de la aplicación y estructuración de la capa elásticamente deformable comprende el recubrimiento por centrifugación y estructuración fotolitográfica de una capa de silicona.

20 En la etapa de la configuración de un primer y un segundo sustrato sobre el segundo o el primer sustrato se fabrica ventajosamente una membrana como parte de un elemento actuador. Según una forma de realización ventajosa, la membrana se desvía antes de la puesta en funcionamiento de la microválvula, de modo que el labio de válvula está deformado en la posición de reposo del elemento actuador para formar una microválvula normalmente cerrada. Para la actuación de la membrana se aplica, por ejemplo, un actuador piezoeléctrico. En este caso el elemento actuador puede presentar un actuador piezoeléctrico o electromagnético con comportamiento de histéresis.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la fabricación de una microválvula con las etapas siguientes:
configuración de un primer (112) y un segundo sustrato (114);
5 configuración de al menos una primera y una segunda abertura de paso (102, 104) en el segundo y/o primer sustrato (112, 114);
aplicación y estructuración de una estructura obturadora de silicona (110, 111) elásticamente deformable mediante recubrimiento por centrifugación y estructuración fotolitográfica de una capa de silicona sobre el primer sustrato y/o sobre el segundo sustrato (112, 114) para la configuración de al menos un labio de válvula (110), en el que el labio de válvula está configurado de modo que rodea circunferencialmente de forma estanca la abertura de paso (102, 104),
10 reunión del primer y segundo sustrato (112, 114) de modo que el al menos un labio de válvula (110) obtura la al menos una primera y/o segunda abertura de paso (102, 104) en una posición cerrada y los sustratos configuran un recorrido de paso de fluido controlable.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la estructura obturadora presenta además una estructura obturadora (111) sellante para el sellado de una zona de conexión entre el primer sustrato (112) y el segundo sustrato (114).
15
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, en el que la estructura obturadora (111) sellante se configura en una pieza de modo que rodea circunferencialmente de forma estanca una cámara de válvula.
- 4.- Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, en el que la estructura obturadora (111) sellante se configura en una pieza, de modo que limita circunferencialmente de forma estanca una zona marginal exterior de la microválvula.
- 20 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el labio de válvula está configurado en varias piezas y presenta una multiplicidad de elementos obturadores (132) dispuestos decalados, de tipo columna, que en el estado no cargado mecánicamente configuran caminos de paso con pequeña resistencia fluidica y en el estado cargado mecánicamente bloquean el camino del fluido por una resistencia fluidica muy aumentada.
- 25 6.- Procedimiento según la reivindicación 5, en el que un primer número de elementos obturadores (132) se dispone en el primer sustrato y un segundo número de elementos obturadores (132) en el segundo sustrato.
- 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que en la primera etapa de la reunión del primer y segundo sustrato sobre el labio de válvula se ejerce una presión mecánica en la dirección de la reunión, de modo que el labio de válvula se deforma en el caso de válvula cerrada para formar una microválvula normalmente cerrada.
- 30 8.- Procedimiento según la reivindicación 7, en el que antes de la etapa de la reunión del primer y segundo sustrato sobre al menos uno de los dos sustratos se aplica una capa de unión, cuyo espesor de capa ajusta al menos parcialmente un grado de la deformación del labio de válvula en la posición cerrada.
- 9.- Procedimiento según la reivindicación 7 u 8, en el que antes de la etapa de la reunión del primer y segundo sustrato en al menos uno de los dos sustratos se incorpora una depresión, cuya profundidad ajusta al menos parcialmente un grado de la deformación del labio de válvula en la posición cerrada.
- 35 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que en la etapa de la configuración de un primer y un segundo sustrato sobre el segundo o el primer sustrato se fabrica una membrana como parte de un elemento actuador.
- 11.- Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la membrana se desvía antes de la puesta en funcionamiento de la microválvula, de modo que el labio de válvula está deformado en una posición de reposo del elemento actuador para formar una microválvula normalmente cerrada.
- 40 12.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 u 11, que comprende además la etapa:
provisión de un actuador piezoeléctrico para la actuación de la membrana.
- 13.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 12, en el que el elemento actuador presenta un actuador piezoeléctrico o electromagnético con comportamiento de histéresis.
- 45 14.- Microválvula con un primer sustrato (112) y un segundo sustrato (114), que están conectados de forma no separable entre sí para configurar un recorrido de paso de fluido controlable, y
con al menos un primer paso (102) y al menos un segundo paso (104),

en la que la microválvula (100) presenta al menos una estructura obturadora (110, 111) para la obturación respecto a un fluido,

caracterizada porque la microválvula está fabricada según un procedimiento acorde con una de las reivindicaciones 1 a 13.

5 15.- Microbomba con al menos una microválvula (100) según la reivindicación 14.

16.- Músculo hidráulico o elemento expansivo con un cuerpo hinchante de compresión (306) y un reservorio (308), que están conectados entre sí de forma fluidica, en el que el fluido se puede mover entre el cuerpo hinchante de compresión y el reservorio mediante una microbomba (200, 310) según la reivindicación 15.

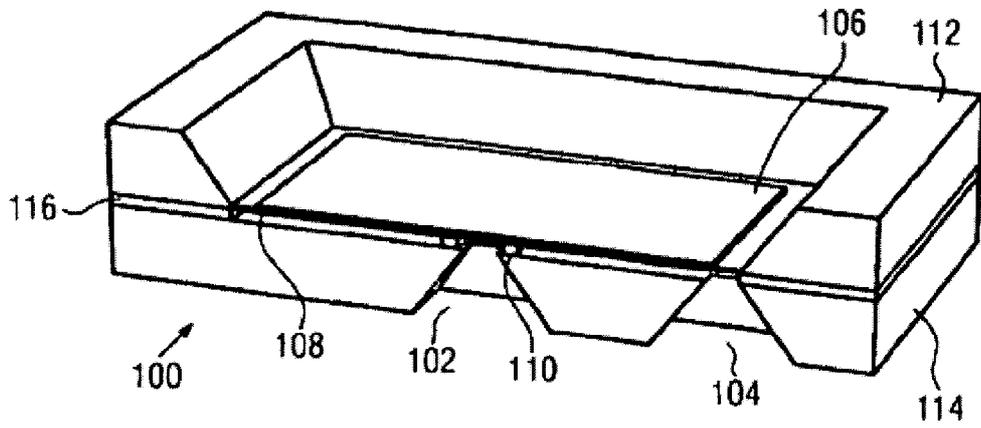


FIG. 1

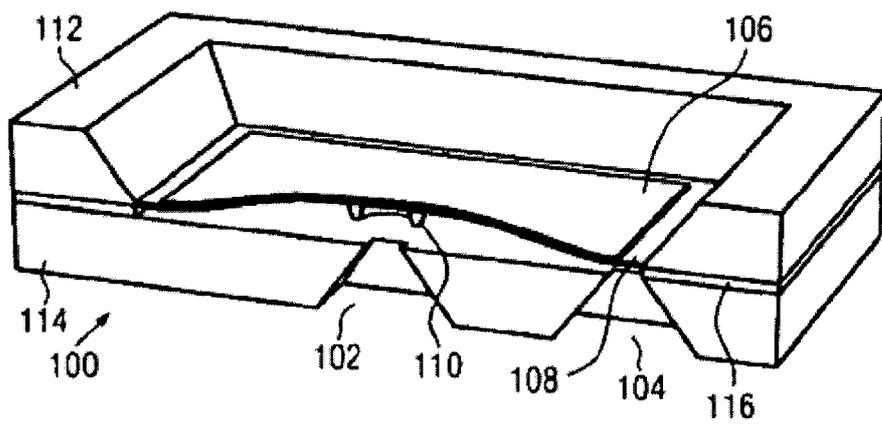
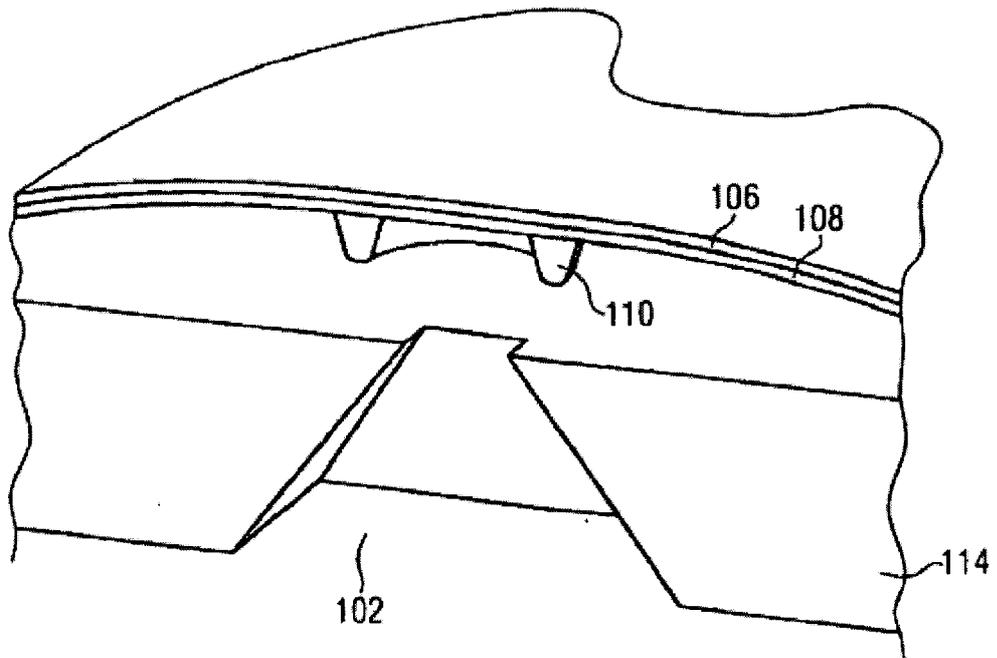
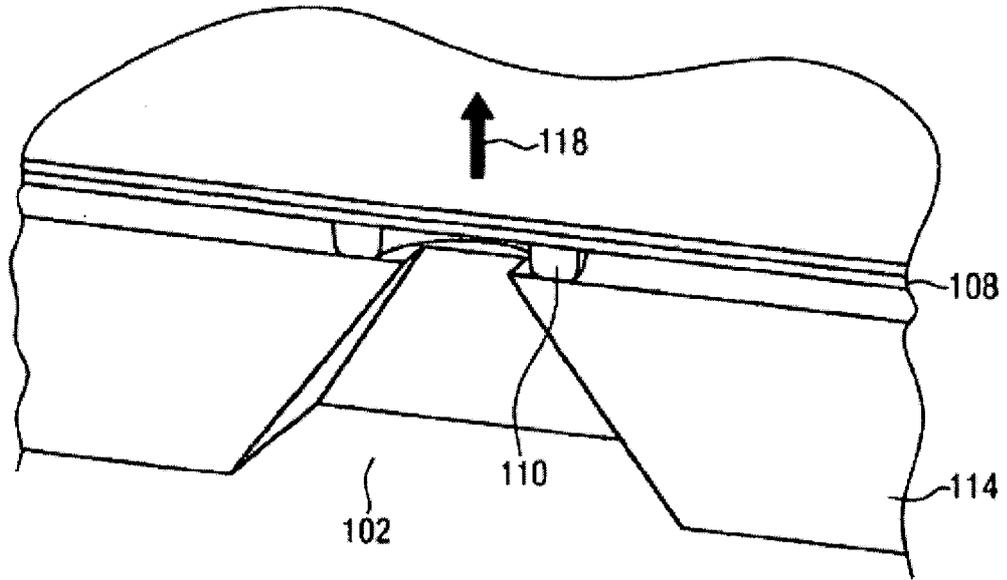


FIG. 2



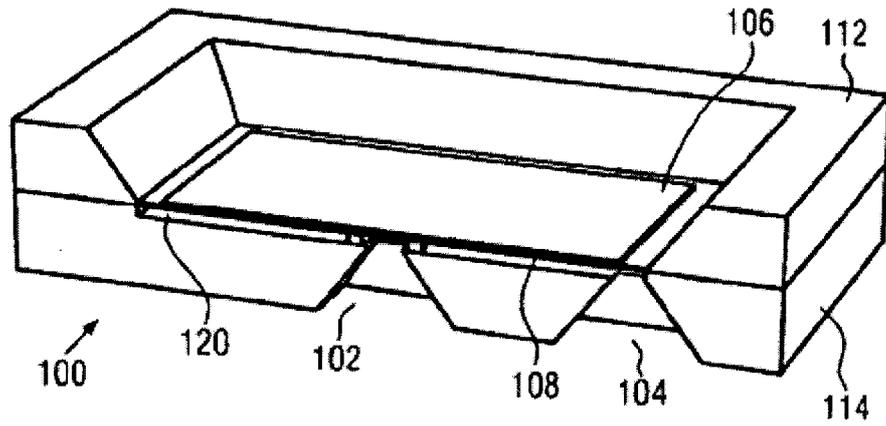


FIG. 5

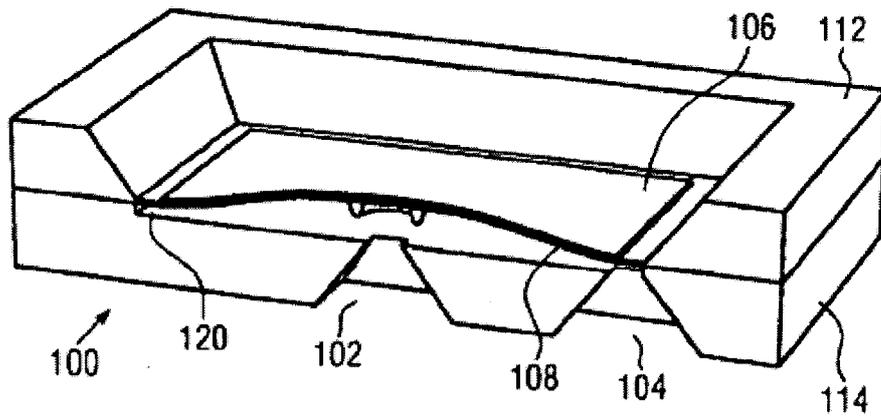
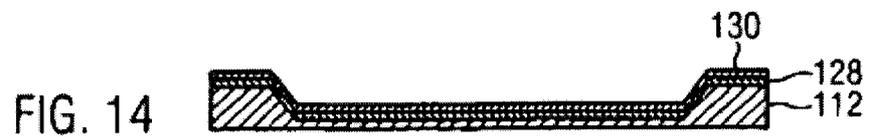
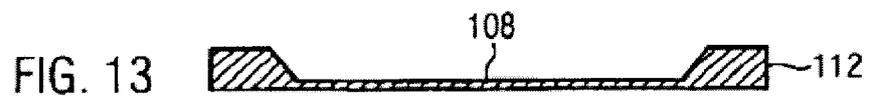
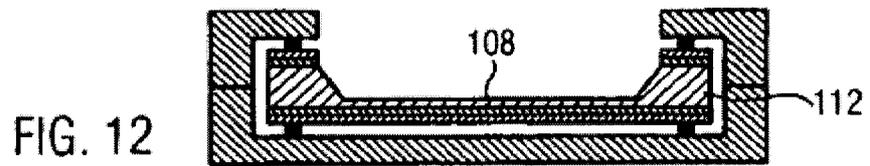
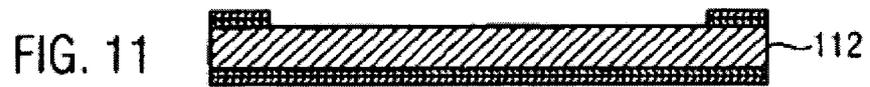
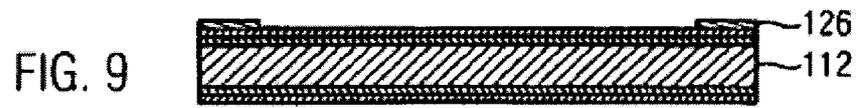
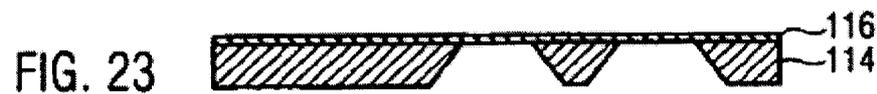
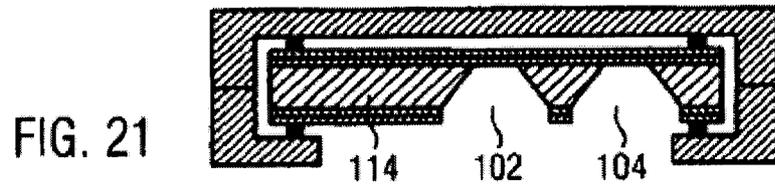
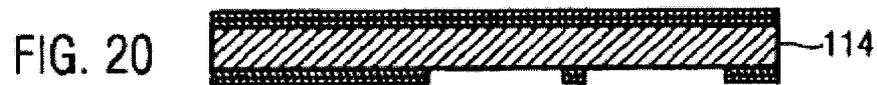
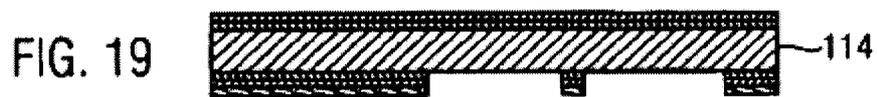
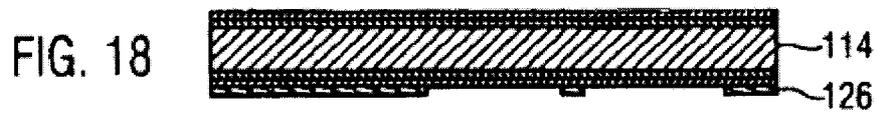
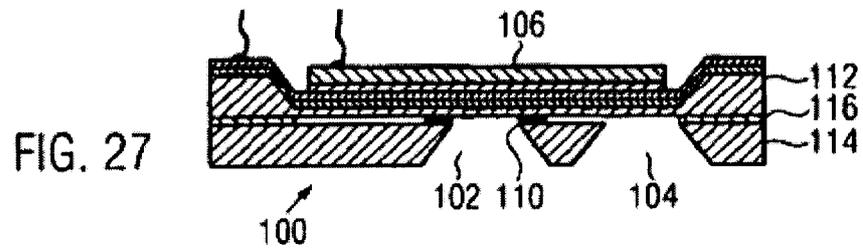
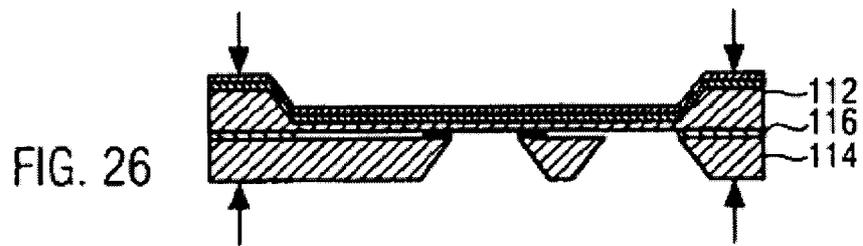
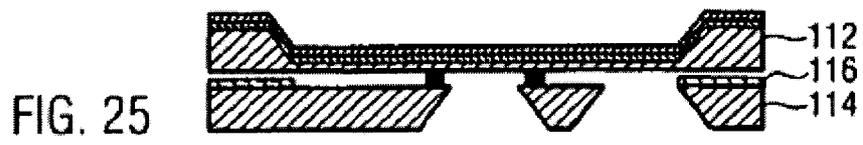


FIG. 6







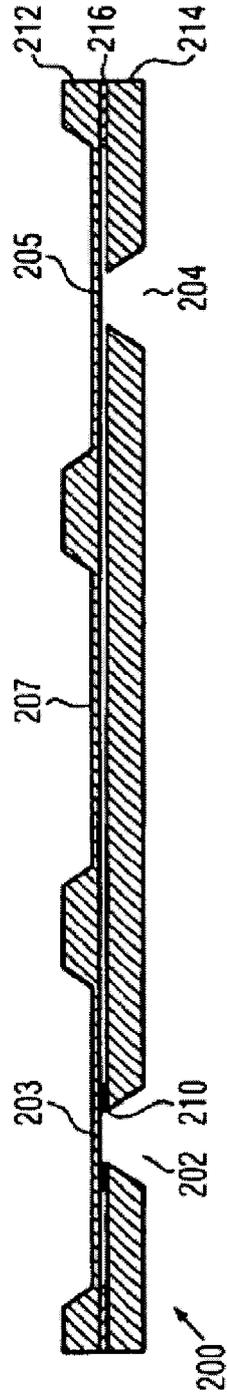


FIG. 28

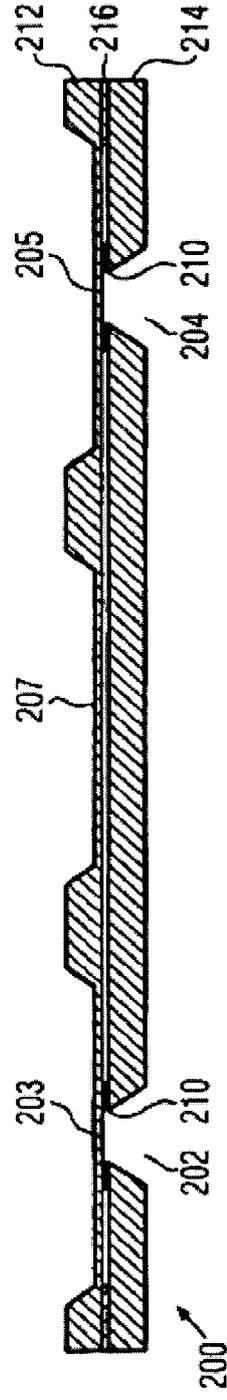
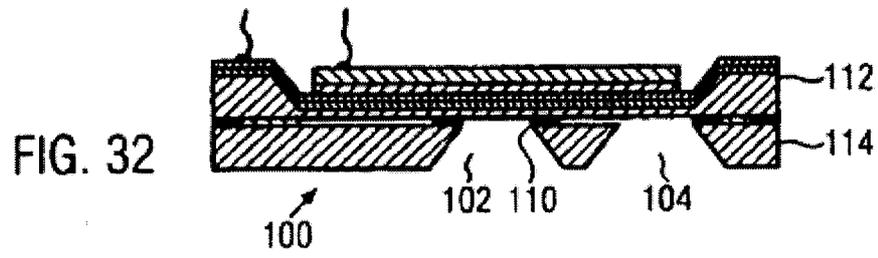
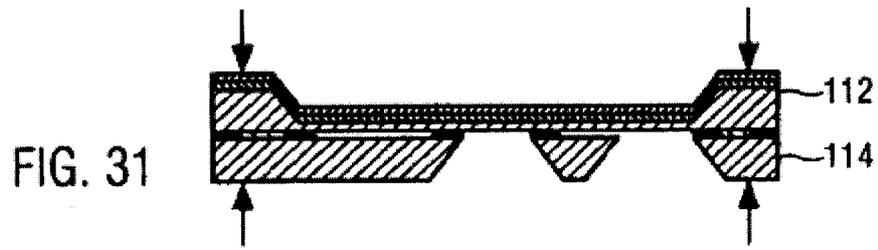
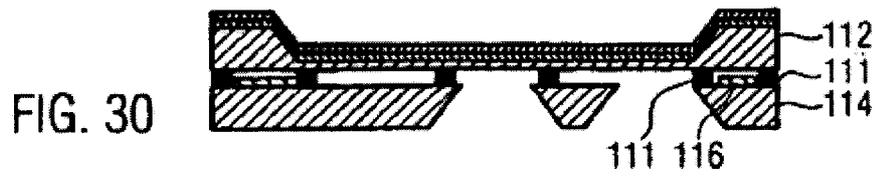


FIG. 29



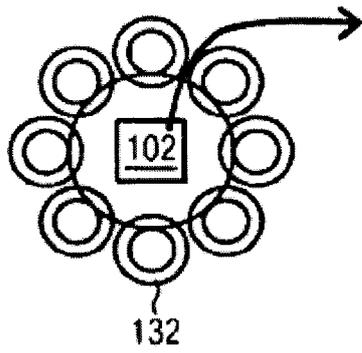


FIG. 33

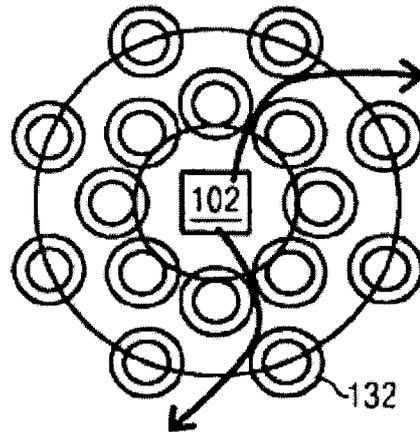


FIG. 34

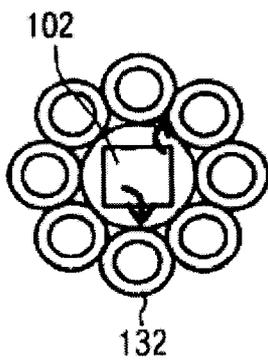


FIG. 35

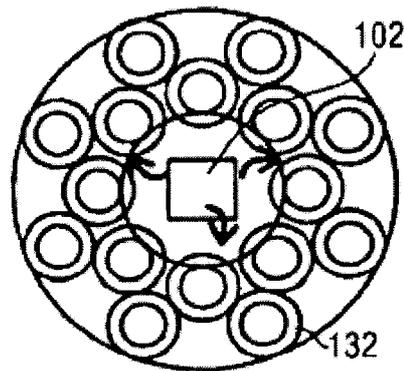


FIG. 36

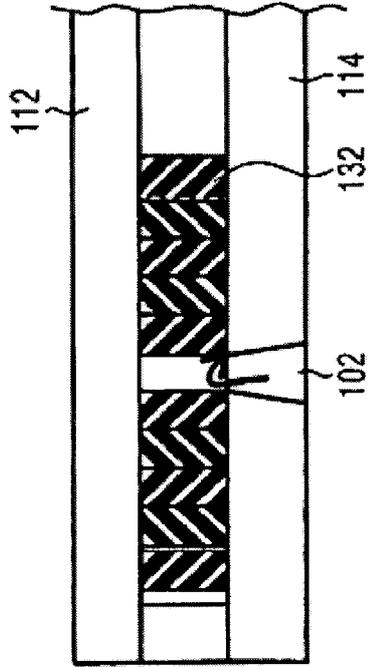


FIG. 38

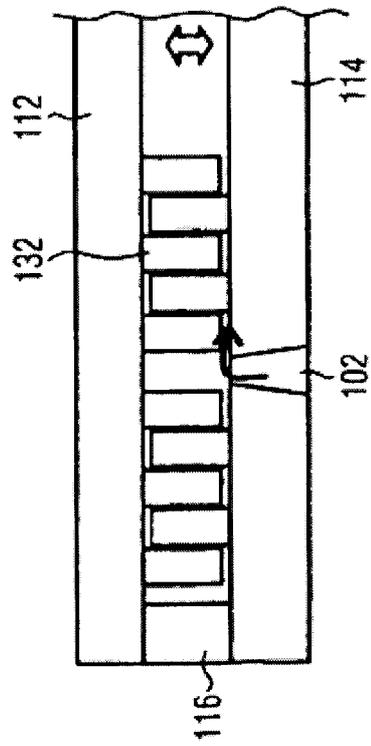


FIG. 37

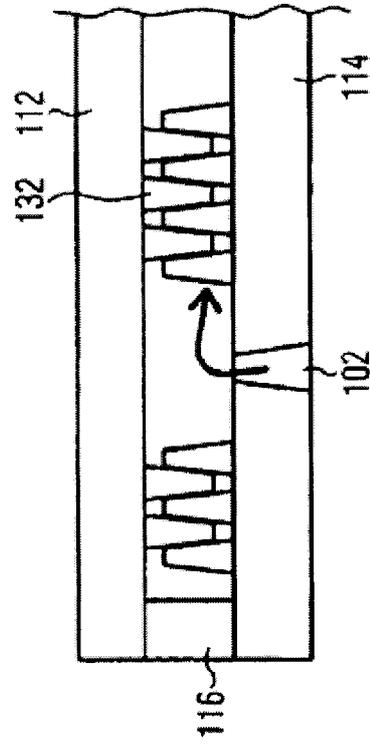


FIG. 39

