



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 274 472**

51 Int. Cl.:
F15C 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04742887 .5**

86 Fecha de presentación : **15.06.2004**

87 Número de publicación de la solicitud: **1633988**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **15.03.2006**

54 Título: **Microválvula fluidica de apertura por accionamiento eléctrico.**

30 Prioridad: **16.06.2003 FR 03 07222**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2007

73 Titular/es: **BIOMERIEUX**
Chemin de l'Orme
69280 Marcy-L'Etoile, FR
SNPE Matériaux Energétiques

72 Inventor/es: **Broyer, Patrick;**
Colin, Bruno y
Roller, Denis

74 Agente: **Ungría López, Javier**

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 fluidica de apertura por accionamiento eléctrico.

5 El ámbito técnico de la presente invención es el de las microválvulas. Más particularmente, la presente invención se refiere a una microválvula fluidica de apertura por accionamiento eléctrico, destinada para ser utilizada en microsistemas.

10 Las microválvulas son microaccionadores cada vez más utilizados dentro de microcircuitos fluidicos en microsistemas, para aplicaciones diversas y particularmente biomédicas, como por ejemplo en las tarjetas de análisis; pero igualmente en el ámbito de la síntesis química, con los microrreactores.

15 En el ámbito biomédico, diferentes tipos de microválvulas han sido descritos. Un primer tipo se refiere a microválvulas que utilizan el efecto pirotécnico. Una válvula de este tipo se describe por ejemplo en el documento WO-A-98/22719. Se trata de una válvula miniatura para el llenado del depósito de un aparato de administración transdérmica. El principio de funcionamiento de esta válvula se basa en la fragmentación de un sustrato provocada por los gases de combustión de una carga pirotécnica, separando el indicado sustrato inicialmente una reserva de fluido y un depósito vacío. Esta microválvula puede, según otra variante de realización, ser utilizada con una envoltura inflable. Los gases de combustión provocan primeramente la ruptura del sustrato luego el inflado de la envoltura con el fin de empujar un fluido para evacuarlo.

Estas microválvulas presentan como principal inconveniente emitir fragmentos de sustrato en el microcircuito.

25 El documento WO-A-98/22738 describe un dispositivo de inyección intravenosa que comprende un segundo tipo de microválvulas. Estas microválvulas están dispuestas a lo largo de un circuito lineal de distribución de los líquidos de perfusión, en una caja comprenden esencialmente un asiento y un elemento de cierre de la válvula realizada en un material termofusible, que funde al contacto con un elemento eléctrico de calentamiento, con el fin de asegurar la apertura o el cierre de la válvula.

30 Si tales válvulas se adaptan al dispositivo de inyección descrito en el presente documento, las mismas comprenden inconvenientes principales que las impiden ser aplicadas a un dispositivo plano de tipo microsistema, en el cual el circuito fluidico está dispuesto en un espacio confinado. En efecto, en la microválvula descrita en el documento WO-A-98/22738, el elemento de cierre está posicionado perpendicularmente a la dirección del flujo.

35 Así, en el caso de una válvula de apertura, cuando este elemento se calienta, se divide en dos labios que pivotan con el fin de encontrarse posicionados en el sentido del flujo, sin entorpecer en modo alguno a este último. En un microsistema en el cual las microválvulas se colocan en la zona en "U" paralelamente a la dirección del flujo, una válvula de este tipo obstaculizaría altamente el flujo.

40 Otro inconveniente se debe al hecho de que las válvulas que presentan una estructura de este tipo están sujetas a la retención de líquido después de su apertura. Se produce por consiguiente con ello la presencia de un volumen muerto nada despreciable que constituye un inconveniente principal en una aplicación de tipo microsistema. En efecto, el volumen de líquido que circula por un dispositivo de este tipo al ser de paso muy pequeño, la presencia de un volumen muerto demasiado importante perjudica al buen funcionamiento de este dispositivo.

45 El documento WO-A-02/065005 describe un microdispositivo de capas múltiples que utiliza un elemento bimetálico y un material elastómero del tipo PoliDiMetilSiloxano (PDMS) en el cual está abierto un canal. Cuando la tensión se aplica sobre el elemento bimetálico, este se deforma y aplasta las paredes flexibles del canal, produciendo la oclusión de este.

50 El inconveniente principal de este dispositivo reside en la complejidad de construcción (número importante de capas), la necesidad de disponer de una subida de temperatura nada despreciable en el elemento bimetálico para obtener el cierre del canal. Por otro lado, el nivel de comportamiento en cuanto a estanqueidad con el tiempo debe igualmente ser bastante bajo.

55 Resulta por otro lado que el PDMS no es un material muy adaptado al flujo de líquido en microsistemas para aplicaciones biológicas. En efecto, su carácter muy hidrófobo crea una posibilidad de formación de burbujas en el circuito microfluidico. Su realización industrial es difícil (colado). Presenta un fuerte poder de adsorción de las proteínas.

60 El documento US-B-6.382.254 describe una válvula microfluidica que permite controlar el flujo de un líquido a través de un canal. El funcionamiento de la válvula se basa en la utilización de líquido (tipo Poli(etilenoóxido)) cuya viscosidad aumenta fuertemente con la temperatura (el líquido pasa al estado de gel).

65 Este dispositivo comprende el inconveniente de tener que mezclar el líquido transportado con el líquido activador (problema de compatibilidad, realización difícil), de tener que integrar un líquido en un espacio confinado en el microdispositivo (si el líquido activador no se mezcla con el líquido transportado) y por consiguiente problemas de llenado que se producen con ello. Este dispositivo presenta igualmente el inconveniente principal de tener que calentar el lí-

quido y/o el dispositivo hasta 50°C, lo cual es poco compatible con reacciones biológicas a temperaturas controladas y eventualmente con reactivos que no soportan tales elevaciones de temperatura, particularmente las enzimas.

Otra válvula se describe por ejemplo en el documento US 5.346.372.

Se desprende de esta revisión de la técnica anterior que no existen microválvulas fluídicas de accionamiento eléctrico, adaptadas para una realización en un espacio confinado, en particular en un microsistema, que puedan ser fácilmente producidas industrialmente e integradas en el procedimiento de fabricación del microsistema; cuyo funcionamiento sea compatible con la realización de reacciones biológicas; que presente buenas cualidades de estanqueidad cuando se encuentran en estado cerrado y que, una vez en estado abierto, no constituyan un obstáculo para la circulación del flujo; y cuyo volumen muerto perdido en la válvula sea despreciable con respecto a los volúmenes transportados en el microsistema.

Un primer objetivo de la presente invención es por consiguiente proporcionar una microválvula fluídica de apertura que pueda ser realizada en un espacio confinado, en particular en un microsistema.

Un segundo objetivo de la presente invención es proporcionar una microválvula que pueda ser realizable fácilmente en el transcurso de un procedimiento de producción industrial de microsistemas.

Un tercer objetivo de la presente invención es proporcionar una microválvula que deba igualmente dar pruebas de una gran fiabilidad, particularmente asegurando una buena estanqueidad en estado cerrado y una buena circulación del líquido en estado abierto, evitando obstaculizar el flujo.

Un cuarto objetivo de la presente invención es proporcionar una microválvula que presente una arquitectura tal que sea posible fácilmente disponer de varias microválvulas, en serie o en paralelo, en un microcircuito dentro de un microsistema.

Por último, un último objeto de la presente invención es proporcionar una microválvula que presente un precio de coste reducido.

Estos objetivos entre otros son conseguidos por la presente invención que se refiere a una microválvula fluídica de apertura por accionamiento eléctrico, que comprende:

- al menos un soporte plano;
- al menos un microcanal aferente;
- al menos un microcanal eferente;

estando los indicados microcanales previstos en el soporte, de forma que al menos uno de sus extremos desemboque en la superficie interna de dicho soporte, en la proximidad uno del otro;

- al menos un depósito de un material termosensible dispuesto en la superficie interna del soporte; y
- al menos un medio de calentamiento;

de forma que el depósito de material termosensible obture al menos en parte el espacio que separa los extremos de los microcanales, impidiendo así a estos últimos comunicarse entre sí;

produciendo el aumento de temperatura del medio de calentamiento una modificación de la estructura del material termosensible, que libera así al menos parcialmente los extremos de los microcanales y el espacio entre estos últimos, con el fin de permitir la comunicación entre los mencionados microcanales y restaurar la circulación del fluido.

De forma preferencial, la microválvula según la invención comprende además al menos una capa de revestimiento solidaria del soporte.

Según un primer modo de realización de la microválvula, el material termosensible es un material termofusible.

De forma particular, este material termofusible puede ser un material polímero. A título de segundo modo de realización, este material termofusible puede igualmente ser una cola termofusible.

Según un tercer modo de realización de la microválvula según la invención, el material termosensible es un material termoexpandible.

Según un cuarto modo de realización de la microválvula según la invención, el material termosensible es un material termoretráctil. Por material termoretráctil, se entiende la propiedad que tienen algunos materiales de retirarse o de contraerse cuando se los coloca cerca de una fuente de calor.

ES 2 274 472 T3

De forma particular, el material termoretráctil es tomado entre el grupo que comprende los termoplásticos elastómeros tales como los copolímeros en bloque de PE y de PoliButadieno (PB) o PI; los PE irradiados.

Según un quinto modo de realización de la microválvula según la invención, el material termosensible es una composición pirotécnica.

De forma particular, la composición pirotécnica es una composición a base de nitrocelulosa.

Según otra característica destacable, el medio de calentamiento comprende al menos una pista conductora, que comprende zonas conductoras y al menos una zona preferencial de calentamiento, eventualmente al menos en parte en contacto con el depósito de material termosensible.

Ventajosamente, el aumento de temperatura de la zona preferencial de calentamiento se obtiene por la aplicación de una corriente eléctrica a la pista conductora.

La zona preferencial de calentamiento está constituida por un depósito de un material resistivo.

A título de variante, la zona preferencial de calentamiento puede igualmente ser una zona de restricción de la sección de la pista conductora.

De forma ventajosa, el depósito de material termoexpandible se realiza en un pozo previsto en la superficie interna del soporte.

Según otra variante ventajosa de la invención, la capa de revestimiento comprende una cavidad dispuesta en la prolongación de los extremos de los microcanales.

Preferentemente, la microválvula según la invención comprende además un medio de evacuación de los gases. Este medio es ventajosamente un respiradero.

Otro objeto de la invención se refiere a un procedimiento de fabricación de una microválvula que comprende las etapas siguientes:

- a) la fabricación del soporte plano, que comprende al menos un microcanal aferente y al menos un microcanal eferente;
- b) el depósito del material termosensible, por solidarización de una película sobre la superficie interna del soporte plano, con el fin de obturar los extremos de los indicados microcanales;
- c) el depósito de al menos una pista conductora, que comprende al menos una zona preferencial de calentamiento al menos en parte sobre el indicado depósito de material termosensible;

pudiendo las etapas b) y c) invertirse.

Preferentemente, el procedimiento según la invención comprende además una etapa de depósito de una capa de revestimiento por solidarización de una película al soporte plano.

De forma completamente ventajosa, las películas que constituyen la capa de material termosensible y la capa de revestimiento se solidarizan con el soporte plano por laminado en caliente o en frío, por pegado con la ayuda de una cola termofusible.

Según otra característica ventajosa, el depósito de la pista conductora se realiza:

- por fotograbado de las zonas conductoras y luego serigrafía o tampografía de la zona preferencial de calentamiento; o
- por fotolitografía de las zonas conductoras y de la zona preferencial de calentamiento.

Otro objeto de la invención se refiere a un microsistema que comprende al menos una microválvula.

Otro objeto de la invención se refiere a un procedimiento de apertura de una microválvula tal como se ha descrito más arriba, que comprende las etapas siguientes:

- la aplicación de una corriente eléctrica en al menos una pista conductora que comprende una zona preferencial de calentamiento;
- el aumento de la temperatura de la zona preferencial de calentamiento;

- la modificación de la estructura del material termosensible en contacto con la zona preferencial de calentamiento;
- la liberación al menos parcial de los extremos de los microcanales y del espacio entre estos últimos, con el fin de establecer la comunicación entre los indicados microcanales; y
- la colocación de la circulación del fluido.

La presente invención se comprenderá mejor a la luz de la descripción detallada que sigue, realizada con referencia a los dibujos en los cuales:

Las figuras 1A, 1B y 1C representan vistas en sección axial longitudinal de una microválvula según un primer modo de realización, respectivamente en posición cerrada y abierta, en la cual el material termosensible es un material polímero termofusible.

Las figuras 2A y 2B representan vistas en sección axial longitudinal de una microválvula según un segundo modo de realización, variante del primer modo de realización, respectivamente en posición cerrada y abierta, en la cual el material termosensible es una cola termofusible.

Las figuras 3A y 3B representan unas vistas en sección axial longitudinal de una microválvula según un tercer modo de realización, respectivamente en posición cerrada y abierta, en la cual el material termosensible es un material termoexpandible.

Las figuras 4A y 4B representan vistas en sección axial longitudinal de una microválvula según un cuarto modo de realización, respectivamente en posición cerrada y abierta, en la cual el material termosensible es un material termoretráctil.

Las figuras 5A y 5B representan vistas en sección axial longitudinal de una microválvula según un quinto modo de realización, respectivamente en posición cerrada y abierta, en la cual el material termosensible es un material pirotécnico.

Como se puede apreciar en la figura 1A, la microválvula 10 según la invención presenta una estructura laminar multicapa. Una primera capa constituye el soporte plano 12. Este soporte puede ser ventajosamente de PolíCarbonato (PC), de PolíPropileno (PP), de Poliestireno (PS), de Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), las Ciclo-olefinas Cíclicas (CoC), el PolíEter Eter Cetona (PEEK), el PolíMetilMetaAcrilato (PMMA) o cualquier soporte polímero compatible con la temperatura de fusión del material termosensible. El espesor de este soporte se encuentra ventajosamente comprendido entre 0,2 y 3 mm. En este soporte de policarbonato, están previstos un micro9canal aferente 14, que lleva el fluido hasta la microválvula, y un microcanal eferente 16 que recibe el fluido, una vez la válvula abierta; los microcanales 14 y 16 forman parte de un microcircuito fluido. Estos microcanales presentan una sección transversal, preferentemente circular, de diámetro comprendido entre 0,01 y 3 mm. Los extremos 141 y 161 de los microcanales 14 y 16 respectivamente, desembocan en la superficie interna 121 del soporte 12.

El soporte 12 y los microcanales 14 y 16 se obtienen preferentemente por un procedimiento de inyección clásico. Sin embargo, cualquier procedimiento equivalente tal como la microrreplicación ("hot embossing", microinjection) o los procedimientos de grabado/perforado/recorte con láser pueden igualmente ser utilizados.

El soporte 12 se encuentra en contacto con una capa 18 de un material termosensible. Este material termosensible es, en este caso, un material termofusible tomado entre el grupo que comprende el PP, el PET, el PolíEtileno Naftalato (PEN) en forma de película monocapa o multicapa tipo PP/PET, sellado sobre el soporte 12. Esta película puede ser bien sea sellada por laminado sin cola (termocompresión). Alternativamente, la película puede sellarse por laminado llamado "Hot Melt", es decir con una superficie enlucida con una cola termofusible. Una superficie de la película o la cara 121 del soporte puede igualmente ser enlucida con una cola fotoactivable, UV reticulable o sensible a la presión de tipo silicona. Por último la película puede sellarse por soldadura de Alta Frecuencia, ultrasonidos, vibraciones o láser en contorneado o por ocultamiento, de los extremos 141 y 161 de los microcanales 14 y 16.

Se desprende por consiguiente de esta estructura que los microcanales 14 y 16 son obturados por la capa 18 y no se comunican por consiguiente uno con el otro. El espesor de la capa 18 está comprendido entre 0,005 y 0,3 mm.

Bajo la indicada capa 18, se deposita una pista conductora 20. Esta pista comprende una zona preferencial de calentamiento 201, delimitada por dos zonas conductoras 202 y 203. La zona preferencial de calentamiento 201 está situada en la vertical de la zona constituida por los extremos 141 y 161 de los microcanales 14 y 16 y el espacio que separa los extremos. Esta zona 201 puede ser indistintamente una pista resistiva o una zona a nivel de la cual la sección de pista está limitada, de forma que cuando una corriente es proporcionada a la pista conductora, la temperatura a nivel de la zona 201 aumente fuertemente. La pista conductora 20 es preferentemente a base de cobre o de aluminio.

Puede tratarse igualmente de una tinta conductora a base de carbono. Cuando la zona de calentamiento 201 es una zona resistiva, esta última se obtiene preferentemente por depósito de una tinta resistiva, con una resistencia del

ES 2 274 472 T3

orden de 100 ohms. Una tinta de este tipo puede ser por ejemplo la tinta Carbon Conductive Ink SD 2841 HAL-IR, comercializada por PETERS.

Esta pista conductora se realiza por fotograbado de las zonas conductoras 202 y 203, luego serigrafía o tampografía de la zona preferencial de calentamiento 201. Según un modo alternativo, esta pista conductora puede ser realizada completamente por fotolitografía.

Por último, la microválvula comprende una capa 22 igualmente de material polímero, del tipo poliestireno (PS), poliimida (PI), PC, PET, PE, PMMA, PEEK, CoC; prefiriéndose el PC y el PE. la pista conductora 20 se realiza sobre la superficie interna 221 de la capa 22, por serigrafía, tampografía, fotolitografía, fotograbado o cualquier otro procedimiento que permita realizar pistas conductoras sobre una película o un sustrato polímero. El espesor de la capa 22 se encuentra preferentemente comprendido entre 0,2 y 2 mm. La capa 18 está fijada a la capa 22 por cualquier medio apropiado, y particularmente por pegado, termosoldado, soldado por ultrasonidos, Alta Frecuencia, termocompresión, laminado bajo presión en caliente o en frío. La capa 22 puede igualmente ser realizada en sobremoldeado por inyección sobre la capa 18.

El principio de funcionamiento de la apertura de la microválvula 10 es el siguiente. La pista conductora 20 está conectada con un generador de corriente por cualquier medio apropiado. Un impulso de tensión es proporcionado a la pista conductora, durante un tiempo t . Esta tensión puede tener por ejemplo una tensión de 9 V y puede estar comprendida entre 5 y 30 V. La temperatura en la zona de calentamiento 201 se eleva hasta alcanzar la temperatura de fusión (T_f) del materia que constituye la capa 18. La capa 18 en la zona situada por encima de la zona 201 funde, liberando por la misma un volumen delimitado por los extremos 141 y 161 de los microcanales 14 y 16, tal como se ha representado en la figura 1B. Sucede que la comunicación entre los microcanales 14 y 16 se establece, activando la circulación del fluido del microcanal 14 hacia el microcanal 16, tal como lo muestran las flechas en la figura 1B.

Tal como se ha representado en la figura 1C, la capa 181 puede igualmente estar constituida por un material que presenta una temperatura de transición vítrea (T_g) próxima a la temperatura alcanzada por la zona 201, de tal forma que cuando la temperatura de calentamiento alcanza la temperatura de transición vítrea (T_g), el material fluirá bajo la acción de la temperatura. Esta fluencia produce una deformación de la capa 181, que puede caracterizarse por una retirada según las flechas, un retorcimiento o un alabeado. Esta deformación produce el desellado de la capa 181 a todo lo largo de la superficie de contacto con la zona 201, y por consiguiente la liberación de los extremos 141 y 161 de los microcanales 14 y 16 y del espacio entre estos extremos. En efecto, basta con obtener una separación entre la capa 181 y el soporte 12 comprendida entre 10 y 20 μm para que la comunicación entre los microcanales 14 y 16 se establezca y que el líquido pueda ser desplazado sin pérdida de carga significativa.

A título de variante del primer modo de realización, la figura 2A representa un segundo modo de realización de la microválvula según la invención. La microválvula 30 comprende un soporte plano 32, equivalente al soporte plano 12, en el cual están previstos los canales aferente 34 y eferente 36, cuyos extremos 341 y 342 respectivamente afloran a la superficie interna 321 del soporte 32.

Una capa 38 de material polímero, similar a la capa 22 descrita en el primer modo de realización, se solidariza con el soporte 32 por medio de una capa 39 de cola termofusible llamada "hot-melt", por laminado en caliente. Esta solidarización puede realizarse igualmente por medio de una película de cola de transferencia de doble cara, preferentemente sin alma, de tipo TESA® T256 o 7156 o también 3M® F 9460 PC. Se desprende de esta estructura que los microcanales 34 y 36 son obturados por la capa 38, que los sella por medio de la capa de cola "hot-melt".

Una pista conductora 40 está hecha sobre la superficie interna 381 de la capa 38. Como en el caso del primer modo de realización de la microválvula según la invención, esta pista conductora se realiza por fotograbado, luego serigrafía o tampografía, o por litografía. Conforme a la pista conductora 20 descrita en el primer modo de realización, la pista conductora 40 comprende igualmente una zona preferencial de calentamiento 401, delimitada por zonas conductoras 402 y 403, a nivel de la cual la temperatura es más elevada, al paso de una corriente por la pista conductora.

Se desprende de esta estructura que los microcanales 34 y 36 se obturan por la capa 39 que acaba de sellarlos.

El principio de funcionamiento de la abertura de la microválvula según este segundo modo de realización es el siguiente. La pista conductora 40 se pone bajo tensión. La temperatura en la zona 401 aumenta hasta que alcanza la temperatura de fusión de la cola que constituye la capa 40 que sella los extremos 341 y 361 de los microcanales 34 y 36 y más generalmente que solidarizan la capa polimérica 38 al soporte 32. Resulta que la cola "hot-melt" se fundirá de nuevo sobre una zona de contacto con la zona 401 y fluirá por capilaridad particularmente en los ángulos de la zona que ha fundido. La fusión de la cola libera entonces un volumen entre los extremos 341 y 361 de los microcanales 34 y 36, permitiendo a los indicados microcanales poder comunicarse entre si, tal como se ha representado en la figura 2B. El flujo del líquido se realiza entonces desde el microcanal 34 al microcanal 36, en el sentido de las flechas representadas en la figura 2B. La circulación del flujo puede mejorarse por el hecho de que el material que constituye la capa 38 se reblandece gracias al calor liberado por la zona 401.

Si el volumen liberado por la fusión de la cola "hot-melt", en el modo de realización representado en las figuras 2A y 2B, es menos importante que el liberado por la fusión de la capa polimérica 18, en el modo de realización

representado en las figuras 1A y 1B, es sin embargo suficiente para permitir la buena circulación del líquido contenido en el microcircuito, río arriba de la microválvula.

Según una primera variante (no representada) de este segundo modo de realización, la microválvula según la invención comprende una capa de material polímero solidarizada al soporte 32 por medio de la capa de cola 39, de forma equivalente a la capa 18 descrita en el primer modo de realización. Esta capa está constituida por un material polímero termosensible, pero cuya temperatura de fusión es significativamente más elevada que la del material utilizado para realizar la capa 18, del primer modo de realización. Este polímero puede ser por ejemplo el PET, el PEN, el PI (Kapton®), una resina FR4 o el PoliTetraFluoroEtileno (PTFE - Téflon®).

La capa polimérica 38 se solidariza seguidamente con la capa de material polímero por el medio descrito más arriba, en el caso del primer modo de realización de la microválvula según la invención.

Ventajosamente, la capa 38 puede comprender una cavidad en su superficie interna 381, prevista de tal forma que se sitúe bajo la zona 401 y de dimensión equivalente. Así, la fusión de la cola “hot-melt” produce el despegue de la capa del material polímero. Esta última al estar ventajosamente realizada en un material que se ablanda cuando la temperatura de la zona 401 aumenta, la misma se coloca en la cavidad prevista en la capa 38, de forma que el espacio que la separa del soporte 32 sea más importante y permita así una mejor circulación del flujo entre los microcanales 34 y 36. Según esta variante, la pista conductora 40 se realiza preferentemente sobre la superficie inferior de la capa de material polímero, por fotograbado, serigrafía, litografía o tampografía.

A título de segunda variante de este segundo modo de realización que constituye de hecho una sub-variante de la primera variante descrita anteriormente, la microválvula según la invención no comprende capa 38. En esta configuración, la pista conductora 40 está preferentemente en contacto con la capa de cola conductora 39 y está soportada por la capa de material polímero añadida en la primera variante. En otras palabras, esta capa de material polímero es sustituida por la capa 38 jugando el papel de soporte de la pista conductora 40.

La figura 3A representa un tercer modo de realización de la microválvula fluidica de apertura según la invención. La microválvula 50 según este tercer modo de realización, presenta una estructura similar a la descrita para los primero y segundo modos de realización. La misma se compone de un soporte plano 52 de constitución similar a los descritos más arriba. Este soporte comprende un microcanal aferente 54 y un microcanal eferente 56, cuyos extremos 541 y 561 afloran a la superficie interna 521 del soporte 52. Comprende además un pozo 58 realizado entre los dos microcanales. Este pozo 58 se realiza simultáneamente en los microcanales 54 y 56 en la fabricación del soporte 52. Puede presentar por ejemplo una sección transversal circular, de diámetro inferior al diámetro de la sección transversal de los microcanales. Este pozo 58 está lleno de un depósito 60 de un material termosensible con un fuerte coeficiente de dilatación. Un material de este tipo puede ser un polímero, una resina, una goma, una cera o microesferas que contienen un hidrocarburo tal como el isopropano o el isobutano mezclado o no con una matriz polimérica o de gel. (Microsphères Expancel®; Expancel).

La microválvula 50 comprende además una capa 62 de un material polímero. Este material es ventajosamente termosensible y del tipo utilizado en el segundo modo de realización y descrito más arriba. Esta capa 62 se solidariza con el soporte 52 por cualquier medio apropiado tal como el pegado, el termosoldado por presión en caliente, o cualquier otro procedimiento equivalente, de tal forma que obture el extremo 541 y 561 de los microcanales 54 y 56. Cuando la capa 62 se solidariza con el soporte 52 por encolado o termosoldado, puede estar ventajosamente dispuesto en la superficie superior de la capa 62, un depósito de cola “hot-melt”, con el fin de mejorar el pegado.

Sobre la superficie inferior de la capa 62, se deposita una pista conductora 64. Conforme a los primero y segundo modos de realización de la microválvula según la invención, esta pista conductora se realiza por serigrafía o litografía. La misma comprende una zona preferencial de calentamiento 641, delimitada por las zonas conductoras 642 y 643, similares a las descritas más arriba.

Por último, la microválvula comprende una capa inferior 66 de material polímero, de estructura similar a la de las capas 22 y 38 descritas en los primero y segundo modos de realización. La capa 66 comprende además en su superficie interna 661, una cavidad 68, sustancialmente dispuesta de tal forma que, cuando la capa 66 se solidariza con la capa 62, la cavidad 68 se superpone a la zona de calentamiento 641. Por último, un respiradero 69 está previsto en la capa 66 perpendicular a la cavidad 68 y permite la comunicación entre este último y el exterior de la microválvula.

Para comprender el funcionamiento de la microválvula de apertura 50, se hará referencia a las figuras 3A y 3B. La pista 64 se encuentra bajo tensión. Esta puesta bajo tensión produce un aumento de la temperatura en la zona de calentamiento 641. Este aumento de la temperatura provoca la dilatación del material termosensible 60, en el sentido longitudinal. El material 60 dilatado presiona sobre la capa 62 y produce la deformación y el despegue de esta última en una zona situada entre los extremos 541 y 561 de los microcanales 54 y 56. El despegue se acentúa por la presencia de la cavidad 68, que juega el papel de nicho y recibe la porción de la capa 62 deformada por el material 60. La capa 62 hace entonces presión sobre el aire contenido en la cavidad 68. Este aire es entonces evacuado por el respiradero 69. La comunicación entre los microcanales 54 y 56 se establece así y permite la circulación del fluido inicialmente aprisionado en el microcanal 54, hacia el microcanal 56, en el sentido de las flechas representadas en la figura 3B. La

ES 2 274 472 T3

sección transversal del material 60 al estar limitada, una vez establecida la comunicación entre los microcanales 54 y 56, la circulación del fluido se realiza horizontalmente a uno y otro lado del material, sin obstaculizar este último para nada la circulación del fluido.

- 5 Una variante de este tercer modo de realización puede consistir en aprisionar en el pozo 58 un líquido o un gel, en lugar del material termoexpandible. El líquido/gel debe estar dotado de la facultad de cambio de estado de líquido a gaseoso, cuando se somete a una cantidad de calor determinada. Un líquido de este tipo puede ser ventajosamente un hidrocarburo del tipo isobutano o isopropano, freón. Otros fluidos igualmente utilizables, tomados solos o en mezcla, son CFC o equivalentes. Así, puede resultar ventajoso utilizar el refrigerante R11, cuyas propiedades termodinámicas se presentan en la tabla dada a continuación:

15	T (°C)	P _v (kg/m ³)	P _L (kg/m ³)	P _v (bar)	L (kJ/kg)	k _L (W/m/°K)
	7	3,2	1518	0,54	188	0,093
20	27	6,5	1471	1,134	181	0,087
	47	11,8	1420	2,16	173	0,081
	67	20	1371	3,76	164	0,076

25

El líquido/gel se mantuvo prisionero en el pozo 60, gracias a la capa 62 que sella este último. Cuando la corriente pasa a la pista conductora y produce el calentamiento de la zona 641, el aumento de temperatura a nivel de esta zona produce el cambio del estado del líquido contenido en el pozo 60. El gas ejerce entonces una presión importante sobre la capa 62, produciendo la deformación y el despegue de esta, colocándose la porción despegada en la cavidad 68 de la capa 66, prevista a este efecto.

En el caso de esta variante, puede resultar ventajoso prever un respiradero en el soporte 52, en forma de una canalización conectada con el microcanal 56 y que permite evacuar el gas producido, de forma que este no se oponga a la circulación del fluido entre el microcanal 54 y el microcanal 56.

Un cuarto modo de realización de la microválvula fluidica de apertura según la invención está basado en la utilización de una composición pirotécnica. Una microválvula de este tipo está representada por las figuras 4A y 4B. Esta microválvula 70 comprende un soporte 72 similar a los soportes 12, 32, y 52 descrito en los modos de realización anteriores. Este soporte 72 comprende un microcanal aferente 74 y un microcanal eferente 76, de los cuales los extremos 741 y 761 afloran a la superficie interna 721 del soporte 72.

El soporte 72 se encuentra en contacto con una capa 78 de un material termosensible. Este material termosensible es, en este caso, un material termoretráctil. Esta capa 78 se presenta en forma de una película pegada, laminada o sobremoldeada en la superficie del soporte 72. La capa 78 obtura por consiguiente los extremos 741 y 761 de los microcanales 74 y 76.

Conforme a los modos de realización descritos anteriormente, la microválvula comprende una pista conductora 80 que comprende una zona preferencial de calentamiento 801 delimitada por dos zonas conductoras 802 y 803. La pista conductora está ventajosamente hecha sobre la superficie interna 821 de la capa polimérica 82, equivalente a las capas 22, 38 y 66.

La microválvula 70 se abre de la forma siguiente: la pista conductora 80 se pone bajo tensión. La zona de calentamiento 801 ve aumentar su temperatura hasta alcanzar la temperatura de retracción del material que constituye la capa 78. Resulta por consiguiente que este material se retraerá por su parte situada frente a la zona de calentamiento 801, liberando así los extremos 741 y 761 de los microcanales 74 y 76. La circulación del fluido del microcanal 74 hacia el microcanal 76 se restablece entonces.

Una variante ventajosa de este cuarto modo de realización consiste en disponer la pista conductora 80 en contacto con el soporte 72, entre los extremos 741 y 761 de los microcanales 74 y 76, con el fin de poder optimizar la retracción del material que constituye la capa 78 entre los dos canales 74 y 76.

Un quinto modo de realización de la microválvula fluidica de apertura según la invención está basado en la utilización de una composición pirotécnica. Una microválvula de este tipo se representa en las figuras 5A y 5B. Esta microválvula 90 comprende un soporte 92, similar a los soportes 12, 32, 52 y 72 descrito en los modos de realización precedentes. Este soporte 92 comprende un microcanal aferente 94 y un microcanal eferente 96, de los cuales los extremos 941 y 961 afloran a la superficie interna 921 del soporte 92.

ES 2 274 472 T3

Sobre la superficie interna 921 del soporte 92, se deposita una capa 98 de una composición pirotécnica que se presenta preferentemente en forma de un esmalte. Esta composición pirotécnica puede por ejemplo estar constituida a base de nitrocelulosa.

5 En el modo de realización ilustrado en las figuras 5A y 5B, la capa 98 se deposita uniformemente por toda la superficie del soporte por serigrafía, pulverización, suministro de gotas, tampografía en una zona limitada comprendida entre los dos extremos de los microcanales.

10 Una pista conductora 100 se realiza tal como se ha descrito más arriba. Esta pista comprende una zona preferencial de calentamiento 100₁, delimitada por dos zonas conductoras 100₂ y 100₃.

Según una variante de este modo de realización, la pista conductora 100 puede depositarse sobre la superficie interna 921 del soporte 92, previamente a la capa de composición pirotécnica.

15 Por último, una capa 102 de polímero y similar a las capas 22, 38, 66 y 82 descritas más arriba se solidariza con el soporte 92. La capa de composición pirotécnica puede ventajosamente jugar el papel de cola para mejorar el sellado de los microcanales 94 y 96. Después del depósito de la capa de composición pirotécnica sobre la superficie interna 721 del soporte 762, la capa polímera 102 que lleva la pista conductora 100, puede ser montada por encolado (presión en caliente o pegado por las dos caras).

20 El modo de funcionamiento de la microválvula de apertura 90 es el siguiente. Una corriente eléctrica es proporcionada a la pista conductora 100, induciendo un aumento de temperatura en la zona de calentamiento 100₁, hasta alcanzar la temperatura de iniciación de la composición pirotécnica. Tal como se ha representado en la figura 5B, la combustión de la composición pirotécnica produce la liberación del extremo 941 y 961 de los microcanales 94 y 96, lo cual permite establecer la comunicación fluidica entre estos microcanales e inducir la circulación del fluido, en el sentido de las flechas.

25 Según una variante de este modo de realización, puede resultar ventajoso prever un respiradero en el soporte 92 conectado con el microcanal 96, en forma de una canalización que permita evacuar los gases producidos en la combustión de la composición pirotécnica, de forma que estos gases no se opongan a la circulación del fluido entre el microcanal 94 y el microcanal 96.

30 Las microválvulas fluidicas de apertura según la invención están destinadas para ser utilizadas en microsistemas que comprenden microcircuitos fluidicos. La microestructura de capas múltiples de estas microválvulas está particularmente adaptada para su integración en un microsistema, en el transcurso de un procedimiento industrial. En efecto, los microsistemas fluidicos tal como las tarjetas de análisis en el ámbito biomédico están generalmente constituidas por una estructura de capas múltiples. La fabricación de la microválvula según la invención puede por consiguiente estar completamente integrada en la fabricación del microsistema, con un número de etapas complementarias, adecuadas para la concepción de la microválvula, muy limitado; siendo constitutivas del microsistema una gran parte de las capas constituyentes de la microválvula, particularmente el soporte (12, 32, 52, 72), la capa polimérica (18, 38, 62) y la capa inferior (22, 42, 66 y 82).

35 Otra ventaja de esta microestructura es que permite la realización de un gran número de microválvulas en un espacio muy confinado, en serie o en paralelo sobre el microcircuito fluidico, pudiendo las microválvulas estar muy próximas las unas de las otras. En efecto, la estructura de capas múltiples permite realizar varias microválvulas simultáneamente utilizando películas que se depositan en placa sólida por medio de procedimientos industriales conocidos por el experto en la materia y controlados, para realizar las capas.

40 Una última ventaja de la microválvula fluidica según la invención es la de presentar características de estanqueidad muy buenas. En efecto, la calidad de la estanqueidad de la microválvula es llevada por el sellado por los medios conocidos de las películas de operculado (laminado, depósito de película con cola termofusible, etc...) No es necesario realizar un depósito de material a nivel de los extremos de los microcanales donde deben colocarse las válvulas (tiempos de ciclo largo, error de depósito, defecto en la solidificación del producto fusible pudiendo producir una fuga,...). En el marco de la invención, las películas se depositan en placa sólida de forma industrial, por los procedimientos convencionales, lo cual permite obtener una gran robustez de cierre de las válvulas.

60

65

REIVINDICACIONES

1. Microválvula fluidica de apertura por accionamiento eléctrico que comprende:

- al menos un soporte plano (12, 32, 52, 72, 92);
- al menos un microcanal aferente (14, 34, 54, 74, 94);
- al menos un microcanal eferente (16, 36, 56, 76, 96);

estando los indicados microcanales previstos en el soporte, de forma que al menos uno de sus extremos (141, 341, 541, 741, 941) y (161, 361, 561, 761, 961) desemboque en la superficie interna (121, 321, 521, 721, 921) de dicho soporte (12, 32, 52, 72, 92) en la proximidad uno del otro;

- al menos un depósito (18, 39, 62, 78, 98) de un material termosensible dispuesto en la superficie interna (121, 321, 521, 721, 921) del soporte (12, 32, 52, 72, 92); y
- al menos un medio de calentamiento (20, 40, 64, 80, 100);

de forma que el depósito (18, 39, 62, 78, 98) de material termosensible obture al menos en parte el espacio que separa los extremos (141, 341, 541, 741, 941) y (161, 361, 561, 761, 961) de los microcanales (14, 34, 54, 74, 94) y (16, 36, 56, 76, 96), impidiendo así a estos últimos comunicarse entre si;

produciendo el aumento de temperatura del medio de calentamiento (20, 40, 64, 80, 100) una modificación de la estructura del material termosensible, liberando así al menos parcialmente los extremos de los microcanales y el espacio entre estos últimos, con el fin de permitir la comunicación entre los mencionados microcanales y restaurar la circulación del fluido.

2. Microválvula según la reivindicación 1, **caracterizada** porque comprende además a menos una capa de revestimiento (22, 38, 66, 82, 102) solidaria del soporte (12, 32, 52, 72, 92).

3. Microválvula según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque el material termosensible es un material termofusible.

4. Microválvula según la reivindicación anterior, **caracterizada** porque el material termofusible es tomado entre el grupo que comprende los materiales polímeros termofusibles o las colas termofusibles.

5. Microválvula según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque el material termosensible es un material termoexpandible.

6. Microválvula según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque el material termosensible es un material termoretráctil.

7. Microválvula según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque el material termosensible es una composición pirotécnica.

8. Microválvula según la reivindicación anterior, **caracterizada** porque la composición pirotécnica es una composición a base de nitrocelulosa.

9. Microválvula según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el medio de calentamiento comprende al menos una pista conductora (20, 40, 64, 80, 100) que comprende zonas conductoras (202, 402, 642, 802, 100₂), (203, 403, 643, 803, 100₃) y al menos una zona preferencial de calentamiento (201, 401, 641, 801, 100₁), eventualmente al menos en parte en contacto con el depósito (18, 40, 62, 78, 98) de material termosensible.

10. Microválvula según la reivindicación 9, **caracterizada** porque el aumento de temperatura de la zona preferencia de calentamiento (201, 401, 641, 801, 100₁) se obtiene por la aplicación de una corriente eléctrica a la pista conductora (20, 40, 64, 80, 100).

11. Microválvula según una de las reivindicaciones 9 y 10, **caracterizada** porque la zona preferencial de calentamiento (201, 401, 641, 801, 100₁) está constituida por un depósito de un material resistivo.

12. Microválvula según una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizada** porque la zona preferencial de calentamiento (201, 401, 641, 801, 100₁) es una zona de restricción de la sección de la pista conductora.

13. Microválvula según una de las reivindicaciones 5 a 12, **caracterizada** porque el depósito de material termoexpandible (60) se realiza en un pozo (58) previsto en la superficie interna (521) del soporte (52).

14. Microválvula según una de las reivindicaciones 2 a 13, **caracterizada** porque la capa de revestimiento (66) comprende una cavidad (68) dispuesta en la prolongación de los extremos (541) y (561) de los microcanales (54) y (56).

15. Microválvula según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque comprende además un medio de evacuación de los gases.

16. Procedimiento de fabricación de una microválvula según una de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** porque comprende las etapas siguientes:

- a) fabricación del soporte plano (12, 32, 52, 72, 92), que comprende al menos un microcanal aferente (14, 34, 54, 74, 94) y al menos un microcanal eferente (16, 36, 56, 76, 96);
- b) depósito del material termosensible (18, 40, 62, 78), por solidarización de una película sobre la superficie interna (121, 321, 521, 721, 921) del soporte (12, 32, 52, 72, 92), con el fin de obturar los extremos (141, 341, 541, 741, 941) y (161, 361, 561, 761, 961) de los indicados microcanales (14, 34, 54, 74, 94) y (16, 36, 56, 76, 96);
- c) depósito de al menos una pista conductora (20, 40, 64, 80, 100), que comprende al menos una zona preferencial de calentamiento (201, 401, 641, 801, 1001) al menos en parte sobre el indicado depósito (18, 40, 62, 78, 98) de material termosensible;

pudiendo las etapas b) y c) invertirse.

17. Procedimiento según la reivindicación anterior, **caracterizado** porque comprende además una etapa de depósito de una capa de revestimiento (22, 42, 66, 82, 102) por solidarización de una película al soporte plano (12, 32, 52, 72, 92).

18. Procedimiento según la reivindicación 16, ó 17, **caracterizado** porque las películas que constituyen la capa de material termosensible (18, 40, 62, 78, 98) y la capa de revestimiento (22, 42, 66, 102) se solidarizan con el soporte plano (12, 32, 52, 72, 92) por laminado en caliente o en frío, por pegado con la ayuda de una cola termofusible.

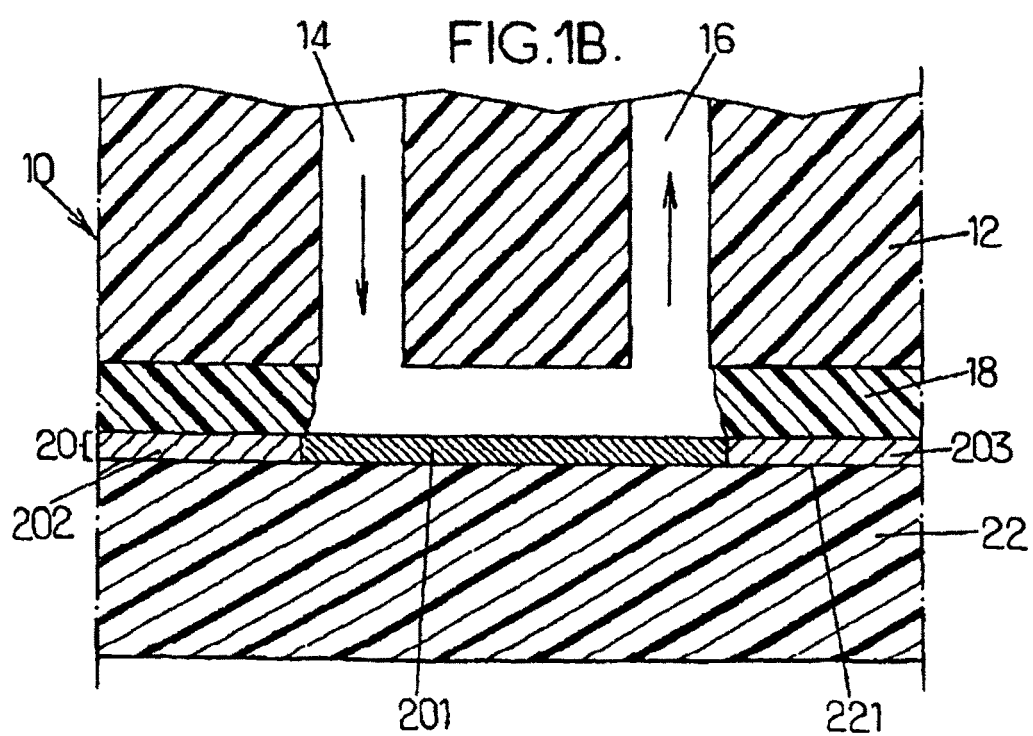
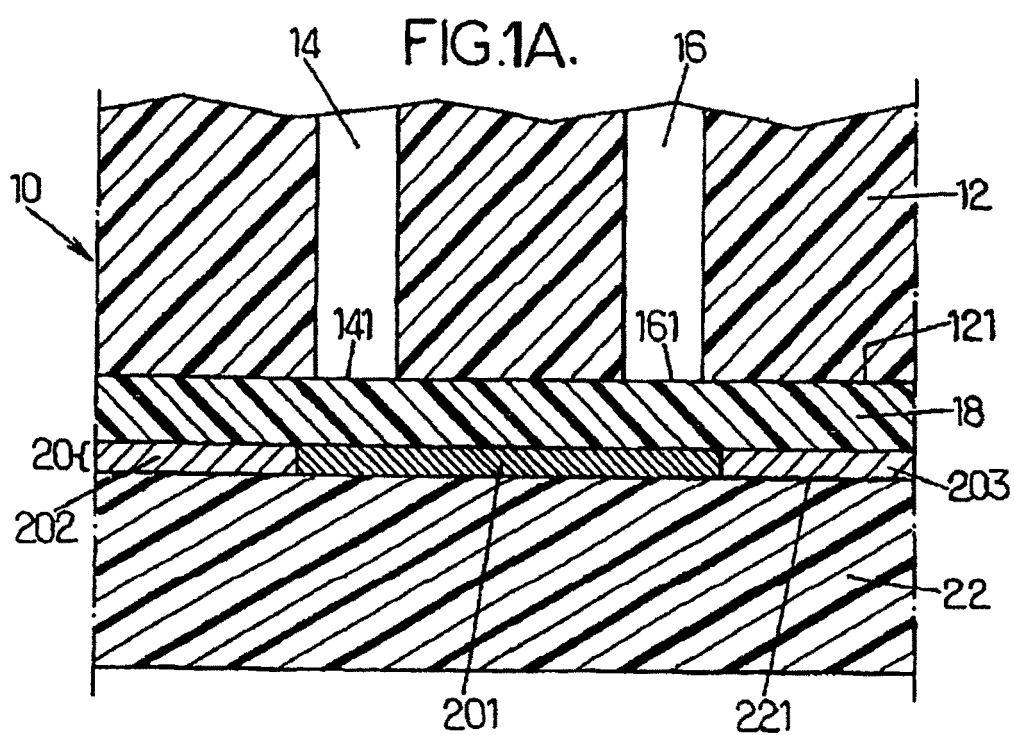
19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 16 a 18, **caracterizado** porque el depósito de la pista conductora se realiza:

- por fotograbado de las zonas conductoras y serigrafía o tampografía de la zona preferencial de calentamiento; ó
- por fotolitografía de las zonas conductoras y de la zona preferencial de calentamiento.

20. Microsistema **caracterizado** porque comprende al menos una microválvula según una de las reivindicaciones 1 a 15, u obtenida a partir del procedimiento según las reivindicaciones 16 a 19.

21. Procedimiento de apertura de una microválvula según una de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado** porque comprende las etapas siguientes:

- aplicación de una corriente eléctrica en al menos una pista conductora que comprende una zona preferencial de calentamiento;
- aumento de la temperatura de la zona preferencial de calentamiento;
- modificación de la estructura del material termosensible en contacto con la zona preferencial de calentamiento;
- liberación al menos parcial de los extremos de los microcanales y del espacio entre estos últimos, con el fin de establecer la comunicación entre los indicados microcanales; y
- colocación de la circulación del fluido.



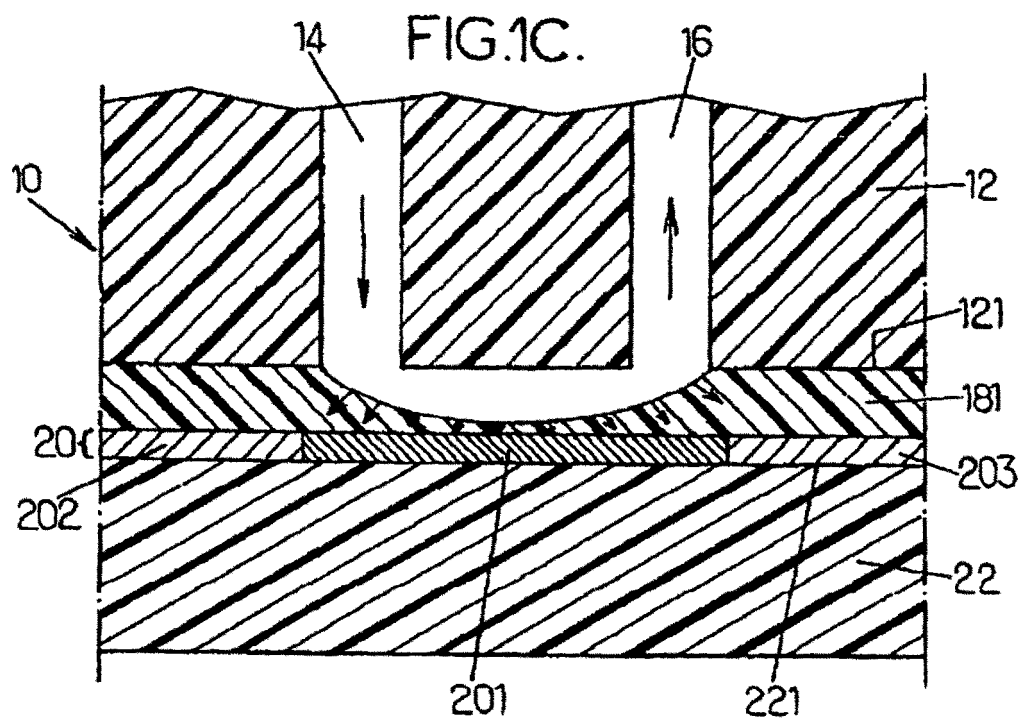


FIG.2A

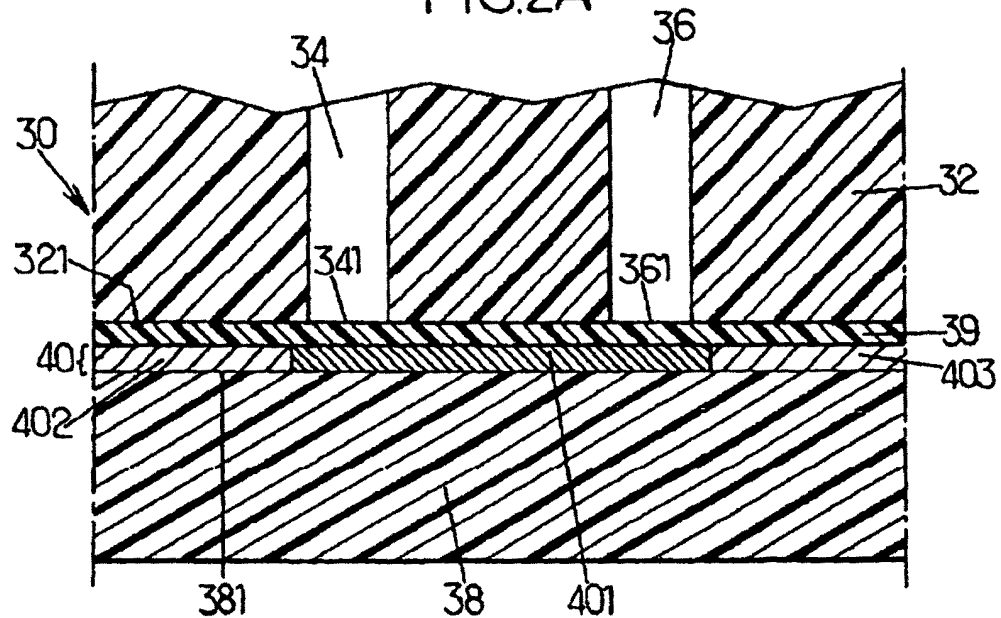


FIG. 2B.

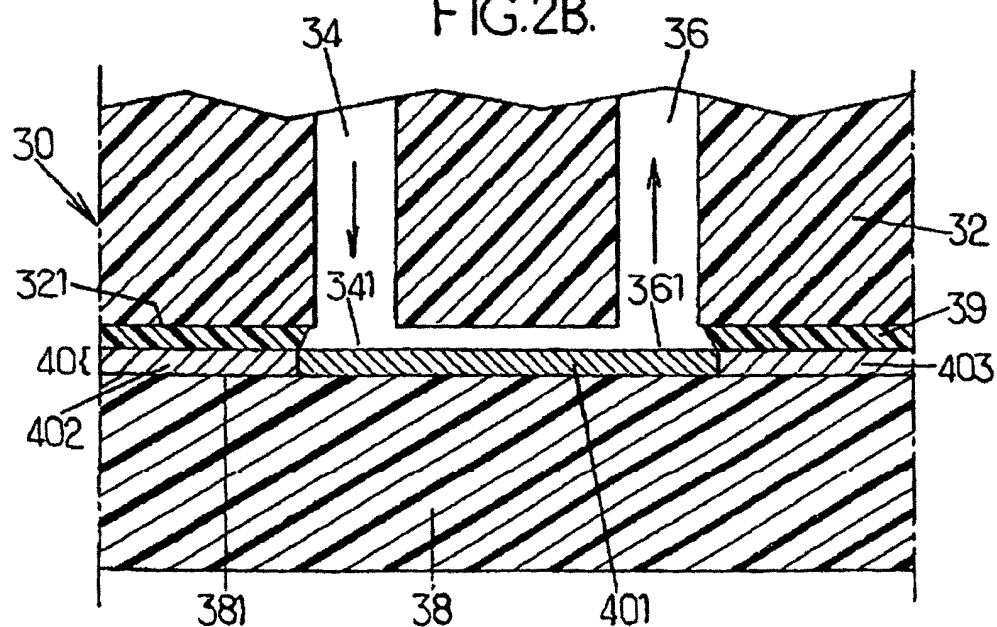


FIG. 3A.

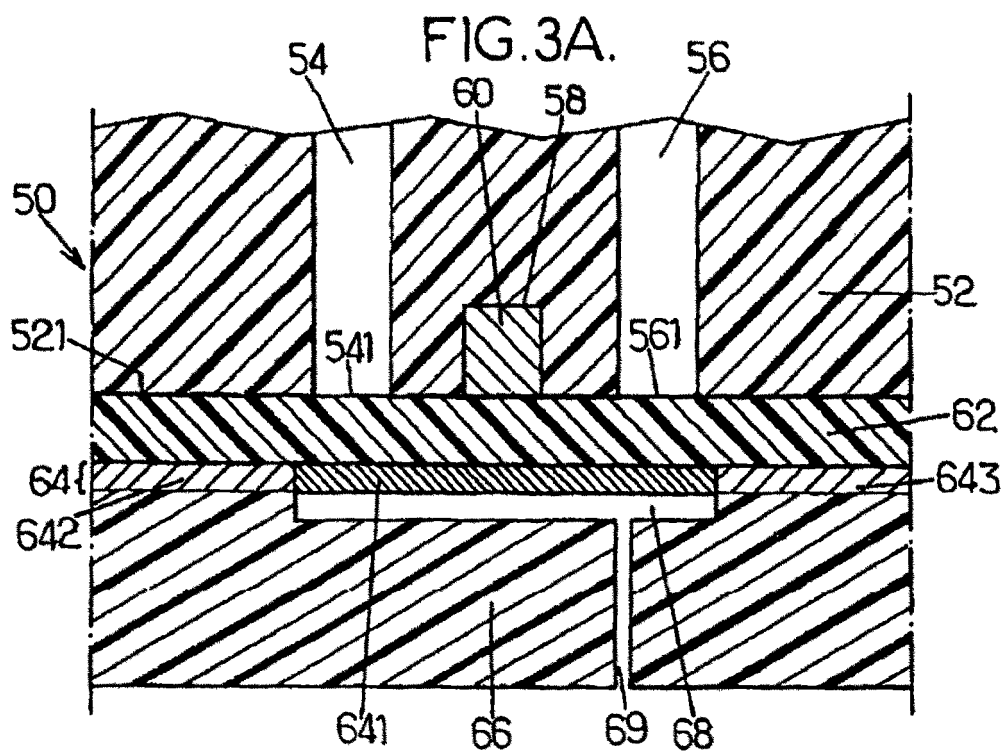
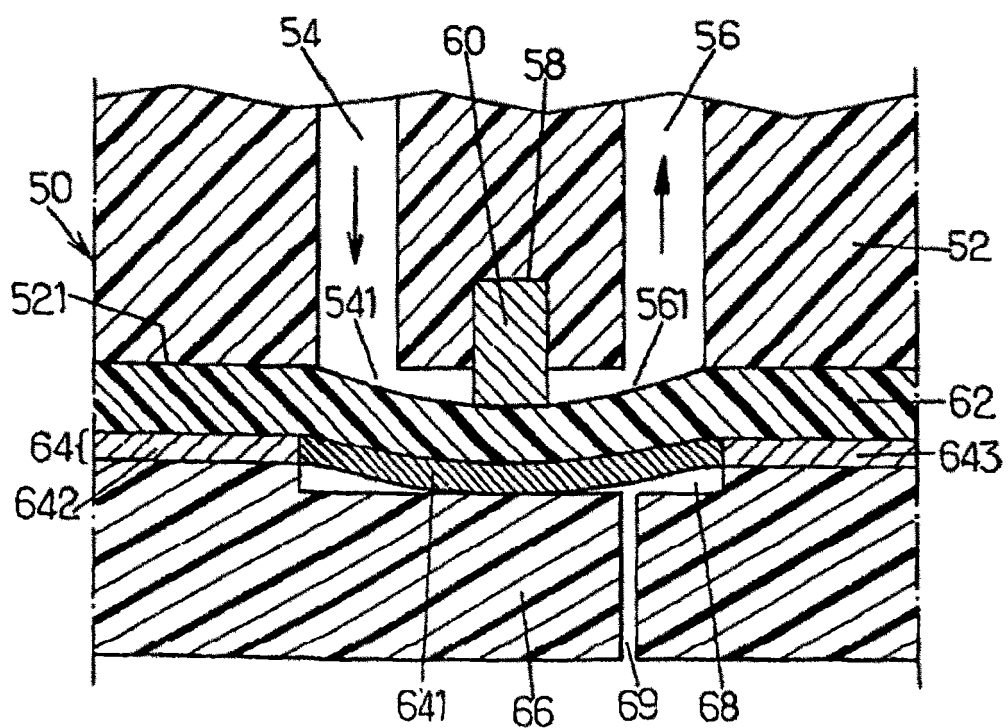


FIG. 3B.



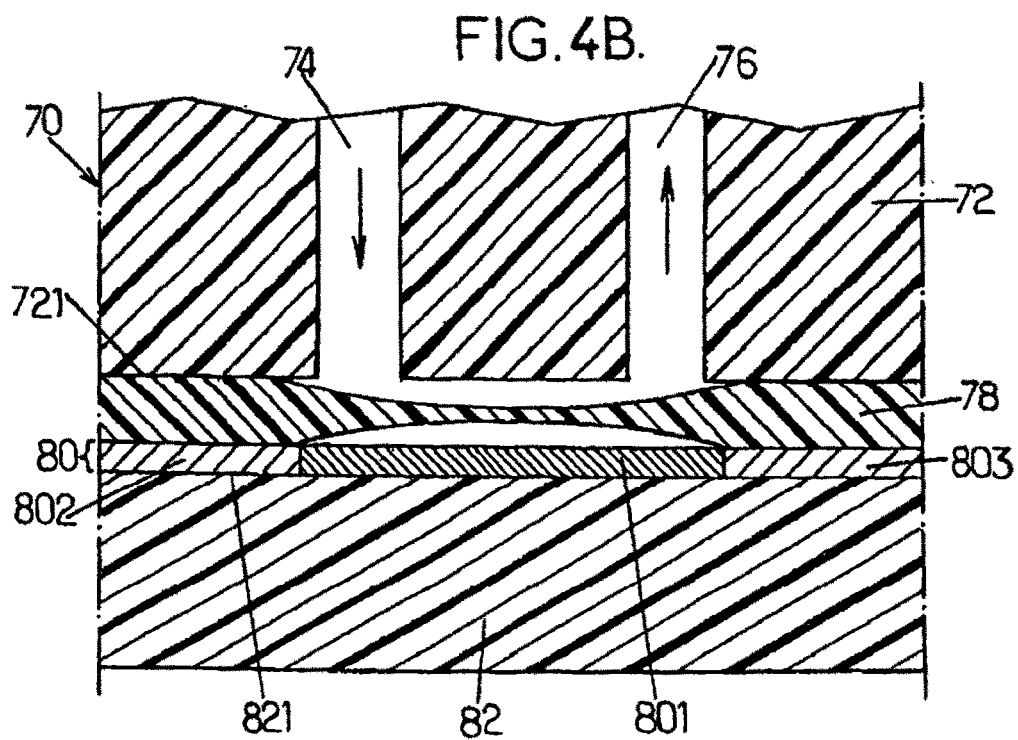
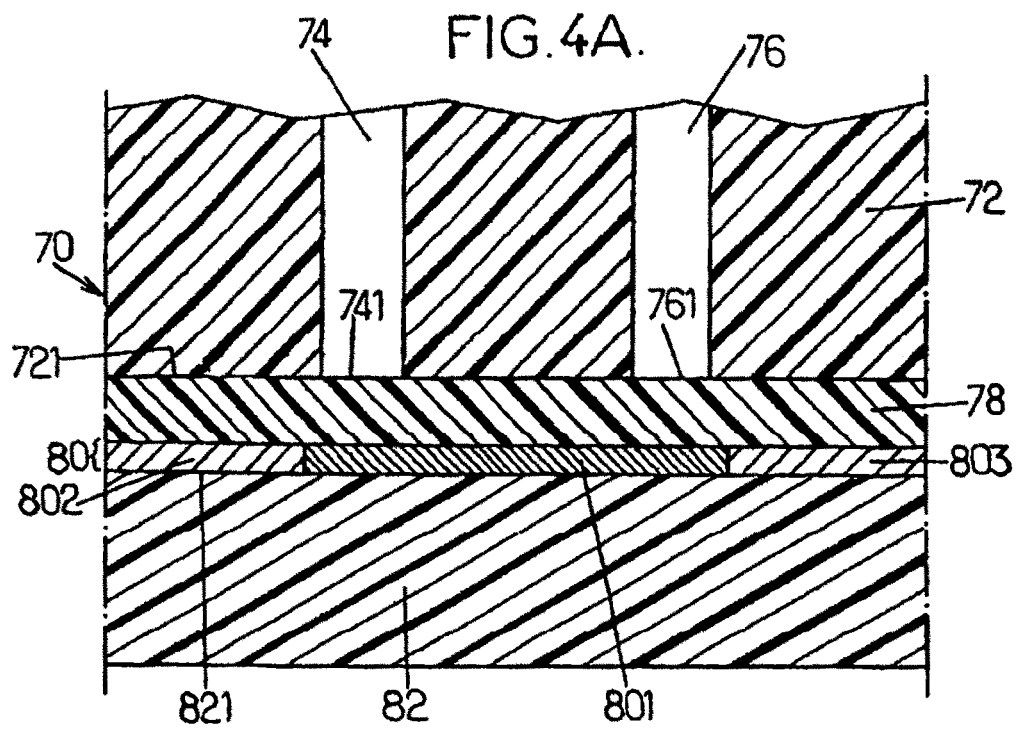


FIG.5A.

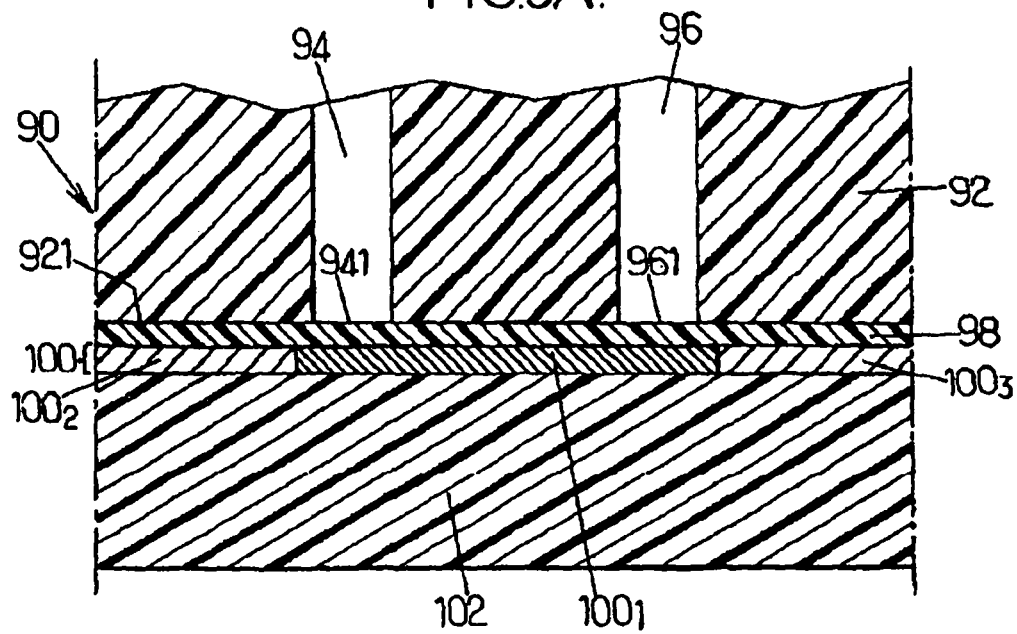


FIG.5B.

