

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 771 360**

51 Int. Cl.:

F16K 99/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2017** **E 17382011 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019** **EP 3348886**

54 Título: **Válvula microfluidica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
06.07.2020

73 Titular/es:

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES
CIENTIFICAS (100.0%)
Serrano, 117
28006 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**BALDI COLL, ANTONIO;
DÍAZ GONZÁLEZ, MARÍA;
FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, CÉSAR y
MUÑOZ BERBEL, FRANCESC XAVIER**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 771 360 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

Válvula microfluidica

5 OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención está incluida en el campo técnico de las válvulas microfluídicas. Más específicamente, se describe una válvula microfluídica actuable por luz de actuación múltiple que comprende una barrera de un material fundible.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las válvulas de cambio de fase de cera de parafina han surgido en los últimos años como alternativa a las válvulas electromecánicas o neumáticas en la microfluídica. Entre ellos, los basados en el uso de cera de parafina como tapón de flujo han atraído considerable atención debido a su simple operación y diseño, así como su capacidad de biestabilidad.

Los problemas técnicos más importantes asociados a este tipo de válvulas son que la mayoría de estas válvulas son de uso único, muestran una respuesta lenta y requieren la deposición compleja de cera fundida en lugares específicos dentro de sus microcanales.

El documento WO2004042357 describe un dispositivo microfluídico que comprende un elemento de calentamiento que transfiere calor a un tapón de cera que está situado entre sustratos que cubren una distancia vertical. Posteriormente, se aplica presión a un lado del tapón de cera de manera que la cera fundida se desplaza, abriendo completamente un paso entre los sustratos. Para el cierre del dispositivo es necesario tener una presión más alta en uno de los lados de la válvula por lo que la cera se ve obligada a volver a su posición original.

El documento US4949742 describe una válvula de gas que es particularmente útil en un sistema de llenado de gas que requiera rellenados repetidos. Incluye un conducto situado entre regiones de gas de alta y baja presión y una restricción dentro del conducto, y esta restricción se tapona con un material sólido fundible. Cuando se va a abrir la válvula, se aplica calor al material sólido fundible haciendo que al menos parte del material fluya y permita el paso de gas desde la región de presión más alta a la región de presión inferior. Cuando la presión entre las dos regiones se ha equilibrado sustancialmente la tensión superficial tira del material licuado situándolo nuevamente en su lugar y sellando la válvula, momento en el cual la aplicación de calor se interrumpe para que el material vuelva a ser sólido. La geometría de la restricción es tal que todo o sustancialmente todo el material líquido retornará esencialmente a su posición original, permitiendo que la válvula se use en ciclos repetidos de apertura y cierre.

El documento " *Multiple actuation microvalves in wax Microfluidics*, Lab Chip, 2016, 16, 3969" describe válvulas que utilizan un primer calentador eléctrico para fundir un pequeño túnel a través de una barrera de cera y permitir el paso de fluido cuando la presión aplicada expulsa la cera fundida hacia afuera de la barrera. Se utilizan dos calentadores más en las válvulas para detener el paso de fluido por fusión de cera en ambos lados del túnel y rellenando el túnel con la cera fundida. Las válvulas de barrera de cera que utilizan calentadores eléctricos requieren al menos una conexión eléctrica por calentador. En los sistemas desechables de laboratorio-en-chip que requieren un alto número de válvulas, esto implica incluir un conector con muchos pines para conectar el chip a los circuitos de control en el instrumento de lectura. Un chip con conector es más caro y menos fiable que un chip sin conector.

Del estado del arte se conoce el documento US2011232832 que describe una válvula microfluídica que comprende una plataforma con dos sustratos combinados frente a frente; un canal de una primera profundidad que permite al fluido fluir entre los dos sustratos; un hueco en la válvula dispuesto en al menos una región del canal de una segunda profundidad menor que la primera profundidad; y un tapón de válvula dispuesto para llenar el hueco formado de un material de válvula mezclando un material de cambio de fase, que es sólido a temperatura ambiente, con una pluralidad de partículas exotérmicas que emiten una cantidad de calor suficiente para fundir el material de cambio de fase por absorción de ondas electromagnéticas.

También es conocido el documento US2011126918 que describe una válvula y un aparato de reacción que comprende dicha válvula. La válvula comprende un material de transición de fase, que se funde y expande a partir de la aplicación de ondas electromagnéticas al relleno de válvula, y el relleno de válvula se dirige hacia el canal a través de la unión y cierra el canal. La válvula también comprende partículas de generación de calor, que son dispersadas en el material de transición de fase y generan calor a partir de la aplicación de energía en forma de ondas electromagnéticas.

El documento US4824073 describe un aparato para convertir las señales de control de un sistema de naturaleza eléctrica u óptica o de cualquier otro tipo o señal que pueda ser convertida a un cambio de temperatura de un volumen fijo de material atrapado en una cámara para flexionar una membrana que forma una pared de la cámara. El dispositivo está integrado en una oblea de silicio mediante el grabado anisotrópico de una ranura para que una fina pared de silicio permanezca como la pared inferior de la ranura. La ranura se cierra herméticamente. Típicamente, un patrón de

resistencia está grabado en la cara de una oblea de pirex usada como tope para la ranura para formar la cámara. Cuando la corriente pasa a través de esta resistencia, el material en la cámara se calienta, su presión de vapor aumenta y se produce una expansión. Esto hace que la membrana se flexione hacia afuera. Típicamente, un pasaje de fluido que tiene una boquilla rodeada por una superficie de sellado es fotolitográficamente grabado en una tercera oblea. Esta tercera oblea es después pegada a la primera oblea de tal manera que la superficie de sellado está adyacente a la membrana de tal manera que cuando la expansión en la cámara se produce, la membrana se flexiona hasta que contacta con la superficie de sellado y cierra el flujo de fluido a través de la abertura de la boquilla.

El documento US2004131345 describe un aparato para realizar un ciclo de temperatura, que comprende una estructura de reactor de microcanal y una estructura de calentamiento definiendo un perfil de temperaturas. Una realización preferente de la invención de una estructura de elemento de calentamiento comprende un patrón de áreas de un material capaz de proporcionar calor al ser energizado, dispuesto sobre dicha estructura de reactor de microcanal.

Finalmente, también se describe, en el documento US2006044084, un actuador para un componente como una válvula que comprende una cámara o cápsula de un material flexible, cuya cámara o cápsula es montada sobre un sustrato. En la cápsula se dispone una cantidad de un material termoneumático (por ejemplo, que aumenta su volumen al calentarse). La cápsula también dispone de una capa de absorción de radiación infrarroja. Durante su uso, se aplica radiación infrarroja a la cápsula, concretamente sobre o próximo a la capa de absorción de radiación infrarroja, lo que provoca el calentamiento del material termoneumático en la cápsula. Mientras el material termoneumático se calienta, aumenta su volumen y provoca el movimiento del material flexible que forma la cápsula, causando un movimiento mecánico. Mientras el material termoterapéutico se enfría, vuelve a su volumen original y el material flexible de la cápsula vuelve por tanto a su posición original.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención es una válvula microfluídica que es accionable por luz y que es accionada de forma múltiple.

Dicha válvula comprende al menos un microcanal en el que se coloca una barrera de material fundible. A la temperatura de trabajo usual, el material fundible está bloqueando el paso de fluido a través del microcanal.

Con el fin de permitir que el paso del fluido a través del microcanal, el material fusible tiene que ser calentado. Con este fin, la válvula comprende al menos un calentador óptico que se coloca en correspondencia con la barrera que bloquea el microcanal. El calentador óptico se coloca en uno de los sustratos y se extiende por ambos lados de la barrera. El material fundible tiene baja viscosidad al fundirse, de modo que puede ser expulsado fácilmente fuera de la barrera mediante una diferencia de presión entre ambos lados de la válvula.

Preferiblemente, el material fundible tiene un punto de fusión entre 50°C y 150°C, ya que los materiales fundibles con puntos de fusión más bajos se fundirían en ambientes cálidos y los materiales fundibles con puntos de fusión más altos requerirían grandes cantidades de energía para su accionamiento y requerirían sustratos resistentes a altas temperaturas.

Además, el material fundible es muy transparente a la luz en algunas frecuencias, por lo que no se funde directamente al ser irradiado por una fuente de luz externa, sino cuando el calentador transfiere el calor.

Los materiales fusibles con estas propiedades incluyen, pero no se limitan a, cera natural de abejas, cera de parafina y pegamentos termofusibles a base de cera.

Dicho calentador óptico está hecho de un material fototérmico, es decir, el material puede absorber energía luminosa en un intervalo de frecuencias y convertirlo en calor. Por lo tanto, cuando el calentador óptico es irradiado con una fuente de luz externa, su temperatura aumenta rápidamente. La válvula comprende al menos una sección de uno de los sustratos que es transparente para que el calentador pueda recibir la luz de la fuente de luz. La fuente de luz puede ser, por ejemplo, una luz LED.

Cuando la línea coloreada recibe la luz, acumula calor y pasa dicho calor a la barrera que está en contacto con el calentador óptico creando así un túnel a través de la barrera a lo largo del microcanal. El túnel tiene una sección más pequeña que la barrera ya que sólo el material fundible que está en contacto con el calentador óptico funde. Cuando el material fundible de la barrera que está en contacto con el calentador óptico se funde, se desplaza a uno de los extremos del microcanal, de modo que la sección del túnel queda libre para que pase el fluido.

Esta característica permite acelerar las operaciones de apertura de la válvula. Además, dado que se funde menos material, se necesita menos energía para la apertura de la válvula y también las operaciones de cierre de la válvula se realizan más rápidamente.

En una realización de la invención, la válvula se coloca entre dos volúmenes que están a presión diferente. Cuando el calentador se activa y funde la barrera, la diferencia de presión entre ambos volúmenes contribuye a desplazar el material fundido a un lado de la barrera, permitiendo el paso de los fluidos a través de él.

5 Para cerrar la válvula, la presión a ambos lados de la barrera tiene que ser igualada y entonces el calentador óptico tiene que ser activado. El material fundible de la barrera, preferiblemente cera, en las cercanías del calentador óptico se funde y rellena el túnel. Entonces, cuando se desconecta el calentador óptico, el material fundible se solidifica, actuando de nuevo como una barrera y bloqueando así el microcanal.

10 En otra realización de la invención, la válvula microfluídica se utiliza en aplicaciones de laboratorio-en-chip que utilizan depósitos presurizados como fuente de presión para el movimiento del líquido. En estos casos no se puede asegurar una presión igual en ambos lados del microcanal.

15 Para resolver este problema técnico y proporcionar una válvula que se pueda utilizar incluso cuando hay una diferencia de presión entre ambos lados de la válvula, en una realización de la invención, la válvula comprende más de un calentador. Esta realización de la válvula puede utilizarse incluso en los casos en que se utilizan depósitos presurizados como fuente de presión para el movimiento del líquido.

20 En este caso, se coloca un primer calentador óptico en correspondencia con la barrera, y dos calentadores ópticos adicionales se colocan en ambos lados del primer calentador óptico.

25 El primer calentador óptico se coloca en la dirección longitudinal de la barrera. Tiene que ser lo suficientemente largo como para sobresalir por cada lado de la barrera. Esta característica es importante para asegurar que toda la longitud de la barrera se funda. Eso asegura que el túnel conecta ambos lados de la barrera y el líquido puede pasar a través de la válvula. Los calentadores ópticos adicionales tienen que ser lo suficientemente cortos para no sobresalir de la barrera en ningún punto.

30 El primer calentador óptico es un motivo coloreado, es decir, absorbe la mayor parte de la potencia luminosa en un intervalo particular de frecuencias, y los calentadores ópticos adicionales son motivos coloreados de colores diferentes al color del primer calentador óptico, es decir, absorben la mayor parte de la potencia luminosa en un intervalo de frecuencias diferente. Una característica esencial de la válvula de esta realización de la invención es que los colores del primer calentador óptico y de los calentadores ópticos adicionales tienen que absorber preferentemente luz en diferentes rangos de frecuencias. Además, la fuente de luz que se ha de utilizar para calentar un calentador específico tiene que ser de un color complementario al color de la línea coloreada de dicho calentador, es decir, tiene que contener la mayor parte de la potencia en la gama de frecuencias que son preferentemente absorbida por dicho calentador y tiene que contener poca potencia en el intervalo de frecuencias que los otros calentadores absorben preferentemente.

40 Las posibilidades de uso de la válvula microfluídica propuesta son:

- Control de flujo en sistemas de laboratorio-en-chip: Estas válvulas permiten una fácil implementación de reservorios de reactivos integrados en el chip. El fluido se sella en los depósitos hasta el momento en el que tienen que ser utilizados. En ese momento la válvula se abre y el fluido sale del depósito. Una vez que ha salido suficiente líquido del depósito, la válvula puede cerrarse hasta la próxima vez que se necesite el reactivo. Por ejemplo, el reactivo podría ser una solución de enjuague que tiene que usarse varias veces durante un inmunoensayo implementado en un laboratorio-en-chip.

50 - Muestreadores de gas o líquido: Estas válvulas permiten una alta integración en una pequeña área (> 100 válvulas por cm²), de modo que pueden ser utilizadas para implementar muestreadores muy compactos y de bajo consumo. Cada muestra se puede almacenar en un depósito individual. Este tipo de sistemas pueden ser de interés para el control ambiental, la producción industrial y para aplicaciones biomédicas.

55 - Bombas: En este caso el sistema puede comprender una cámara y dos de estas válvulas, una a la entrada y otra a la salida del cámara. Controlando la apertura y cierre de dichas válvulas y la presión dentro de la cámara, puede utilizarse para la generación repetida de presión positiva o negativa con la que producir movimiento de fluido en un sistema microfluídico. La secuencia de cada ciclo de bombeo comprende las etapas siguientes:

- activar un calentador óptico dentro de la cámara para que el aire en el interior de la cámara se caliente y la presión allí se eleve por encima de la presión de aire exterior;
- abrir un primer microcanal calentando una primera barrera de un material fundible;
- 60 - cerrar el microcanal cuando ha pasado suficiente cantidad de aire comprimido a través del microcanal y la presión dentro de la cámara ha igualado la presión de aire exterior;
- dejar que el aire dentro de la cámara se enfríe hasta que la presión en la cámara disminuya por debajo de la presión de aire exterior;
- abrir un segundo microcanal hasta que haya pasado suficiente cantidad de aire a través del microcanal y la presión del aire en el interior de la cámara y la presión de aire exterior sean iguales.

La bomba también puede ser implementada produciendo flujo de fluido con la compresión o expansión de la cámara con una fuerza mecánica externa y utilizando la apertura y cierre de las válvulas para regular la entrada y salida del fluido en la cámara siempre en la misma dirección.

5 La microválvula de cera microfluídica es, por lo tanto, actuada por luz y permite múltiples actuaciones, presenta una respuesta rápida y tiene un consumo de energía muy bajo. Esta microválvula de cera también es biestable y se mantiene inherentemente enclavada tanto en el estado abierto como en estado cerrado.

10 En una realización preferente de la invención, la respuesta de la válvula es de aproximadamente 100 ms para la apertura y menos de 500 ms para el cierre, el consumo es inferior a 1 J y no presenta fugas hasta al menos 80 kPa. Además, el área ocupada por la válvula es de menos de 1 mm², por lo que una aplicación importante de la válvula propuesta es su uso en muestreadores y dispensadores que comprenden una pluralidad de válvulas iguales.

15 La válvula propuesta se acciona utilizando al menos una fuente de luz sin necesidad de ninguna conexión eléctrica. La válvula se puede fabricar fácilmente como un elemento totalmente integrado en sistemas microfluídicos de cera utilizando un proceso de prototipado rápido y de bajo coste. Además, la válvula que comprende un calentador óptico permite evitar el uso de conexiones eléctricas adicionales. El procedimiento de fabricación de las válvulas y los muestreadores que comprenden una pluralidad de válvulas es simple y económico.

20 La válvula microfluídica descrita puede fabricarse según métodos actuales para la fabricación de componentes microfluídicos. En una realización de la invención, la válvula comprende dos sustratos que se unen, por ejemplo, con un adhesivo. En otra realización de la invención, la válvula comprende entre los sustratos una capa adicional que está hecha de cera.

25 En una realización de la invención, uno de los sustratos comprende un orificio para permitir colocar fácilmente la barrera de material fusible en su posición correcta. En la válvula, el orificio se coloca frente al calentador óptico (el primer calentador óptico en las realizaciones en las que también están presentes calentadores ópticos adicionales), de manera que cuando el material fundible (por ejemplo cera) se introduce a través del orificio se coloca en contacto con el calentador óptico.

30 Las válvulas microfluídicas descritas aquí muestran un comportamiento de apertura-cierre reversible y muestran un tiempo de respuesta extremadamente corto. Esto es resultado de que la válvula comprende un calentador óptico que sólo funde la parte de la barrera que está en contacto con ella creando así un túnel (de una sección más pequeña que el microcanal) para el paso del fluido. Estas válvulas tienen un menor consumo de energía en comparación con la
35 válvula de cera tipo tapón del estado de la técnica.

Otra ventaja importante de las válvulas propuestas es que el calentamiento se realiza sin contacto. Mientras que en las válvulas eléctricas se necesitan conexiones (al menos una por válvula) en la presente invención, el calentador óptico permite calentar la barrera de material fusible sin contacto.

40 DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

Como complemento de la descripción que se está realizando y con el fin de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferido de realización práctica de la misma, se adjunta
45 un conjunto de dibujos como parte integrante de dicha descripción en la que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1a.- Muestra una vista en perspectiva de una realización de la válvula de cera microfluídica.

50 Figura 1b.- Muestra la válvula microfluídica de la figura 1a con la barrera de material fusible.

Figura 1c. - Muestra una vista en sección de la válvula microfluídica de la figura 1b.

Figura 2a.- Muestra una vista en perspectiva de otra realización de la válvula microfluídica.

55 Figura 2b.- Muestra una vista despiezada de la válvula microfluídica de la figura 2a.

Figura 3.- Muestra el funcionamiento de la válvula microfluídica cuando se está abriendo.

60 Figura 4.- Muestra el funcionamiento de la válvula microfluídica cuando se está cerrando.

Figura 5a.- Muestra una vista en perspectiva de una realización diferente de la válvula microfluídica.

Figura 5b.- Muestra la válvula microfluídica de la figura 5a con la barrera del material fusible.

65

Figura 5c. Muestra una vista en sección de la válvula microfluídica de la figura 5b.

Figuras 6a-6b.- Muestran el proceso de apertura de la válvula microfluídica de la realización de las figuras 5a-c.

5 Figuras 7a-7c- Muestra el proceso de cierre de la válvula microfluídica de las realizaciones de las figuras 5a-5c.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION.

10 A continuación, con la ayuda de las figuras 1 a 7, se describen algunos ejemplos de realizaciones de la presente invención.

En la figura 1a se muestra una vista en perspectiva de una válvula microfluídica de acuerdo con una realización de la invención. En dicha realización, la válvula comprende dos sustratos (1) entre los cuales se forma al menos un microcanal (5). Los sustratos (1) se pueden unir mediante un adhesivo (2).

15 La válvula también comprende al menos un calentador óptico (6) como se muestra en dicha figura. Para permitir el calentamiento del calentador óptico (6), al menos una parte de uno de los sustratos (1) es transparente.

20 Además, como se muestra en la figura 1b, la válvula de la invención comprende también por lo menos una barrera (4) de material fundible, colocado en el microcanal (5), bloqueando dicho microcanal (5). Como se puede ver en la figura, el calentador óptico (6) está dispuesto en la dirección longitudinal del microcanal (5) y, en dicha dirección, sobresale por ambos lados de la barrera (4).

25 En la figura 1c se muestra una vista en sección de la válvula microfluídica. La sección se ha realizado en correspondencia con el microcanal (5) para que se aprecie el microcanal (5) y la barrera (4) que bloquea dicho microcanal (4). La dirección del fluido a través de la válvula también se ha representado con flechas.

30 Mediante la actuación de los calentadores ópticos (6) correspondientes a microcanales (5) predeterminados, las barreras (4) de dichos microcanales (5) son fundidas parcialmente y los túneles (11) son abiertos para permitir que el fluido pase a través de ellos. Para actuar los calentadores ópticos (6) se enfoca una luz externa sobre ellos. De esta manera se calientan los calentadores ópticos (6) y transfieren el calor al material fundible de la barrera (4) que está en contacto con dichos calentadores ópticos (6). En las figuras 6b y 7a se aprecia el túnel (11) formado en la barrera (4) colocada en el microcanal (5).

35 En las realizaciones mostradas en las figuras, el calentador óptico (6) es una línea coloreada. La luz utilizada para actuar los calentadores ópticos (6) tiene que ser de un color complementario al color del calentador óptico (6). Es decir, si el calentador óptico (6) absorbe la mayor parte de la potencia luminosa en un intervalo particular de frecuencias, la fuente de luz tiene que tener suficiente potencia óptica en el mismo intervalo de frecuencias para asegurar el correcto funcionamiento de la válvula.

40 En la realización mostrada en las figuras 1a-1c, la válvula microfluídica comprende al menos un agujero (3) en correspondencia con el microcanal (5) y frente al calentador óptico (6).

45 Esta realización de las figuras 1a-1c permite colocar fácilmente la barrera (4) de material fundible en su posición correcta. En las válvulas del estado de la técnica, el material fundible tenía que fundirse y luego introducirse en el microcanal y desplazarse hasta su posición final. Estas soluciones del estado de la técnica necesitan mucho tiempo para su fabricación, parte de la barrera puede ser finalmente colocada en una posición que no es la correcta posición final, muchos recursos son necesarios para colocar la barrera (tiene que ser fundida, se debe aplicar presión para desplazarla, etc.) y herramientas externas deben ser usadas.

50 Además, esta realización que comprende el orificio (3) no se puede utilizar en las soluciones del estado de la técnica porque, en dichas válvulas, la barrera de material fusible (4) que bloquea el microcanal (5) se funde totalmente para pasar los fluidos a través del Microcanal (5). En estos casos, al fundir la barrera, el material fundible que forma la barrera (4) saldría a través del orificio (3) y sería imposible enviar el material de nuevo al microcanal (5) para cerrar la válvula cuando sea necesario o para evitar el escape de líquido a través del orificio (3). En una realización de la invención, el material fusible es cera.

55 En la presente invención, cuando se acciona el calentador óptico (6), sólo se calienta una pequeña parte de la barrera (4) (sólo la parte en contacto con el calentador óptico (6)), de manera que sólo se abre un túnel (11) de una sección más pequeña que el microcanal (5) para el paso del fluido.

60 En una realización de la invención, la válvula se instalará entre un primer volumen a una presión inicialmente más alta y un segundo volumen a una presión inicialmente inferior para utilizar dicha presión durante la apertura de la válvula para desplazar la parte de la barrera fundida.

65

En las figuras 2a y 2b se muestra otra realización de la invención. En este caso, la válvula comprende dos sustratos (1) con una capa de cera (7) colocada entre ellos.

En el ejemplo de la figura 2b, la estructura de válvula comprende una barrera (4) de 500 μm de longitud situada en un microcanal (5) en la entrada de una cámara. La línea impresa sobre el sustrato, que en una realización de la invención es negra, es el calentador óptico (6) y está situado perpendicular a la barrera (4) sobresaliendo por ambos lados de la estructura de válvula. Esta válvula está diseñada para abrirse cuando se aplica una diferencia de presión a través de la barrera (4) y para cerrar cuando no hay presión. Tanto la apertura como el cierre de la válvula ocurren cuando el material fundible (por ejemplo cera) de la barrera (4) se funde utilizando el calor liberado por la línea impresa tras la irradiación con la fuente de luz (8).

Tal como se representa en la figura 3, el accionamiento de la válvula cuando está siendo abierta comprende una etapa de irradiación del calentador óptico (6) con una fuente de luz (8). En la primera parte de la figura se ha representado una válvula cerrada. Se puede apreciar cómo se bloquea el microcanal (5) de la válvula con una barrera (4). Dicha barrera (4), a su vez, está colocada en correspondencia con el calentador óptico (6). Como se puede ver en la segunda parte de la figura, cuando se enciende la fuente luminosa (8) y el calentador óptico (6) funde la barrera (4) que en este caso es expulsada al interior de la cámara, se crea un túnel (11) en la barrera (4) a través de la cual puede pasar el fluido.

En la figura 4 se representa el funcionamiento de la válvula cuando se está cerrando. En este caso, la situación original de la válvula es con la barrera (4) teniendo un túnel que la atraviesa. En la segunda parte de la figura se puede observar cómo, cuando se vuelve a activar el calentador óptico (6), el material fundible (por ejemplo cera) vuelve a su posición original en el microcanal (5) y lo bloquea. Una vez que se apaga el calentador óptico (6), el material fusible (por ejemplo cera) se solidifica y la válvula queda permanentemente cerrada.

El rendimiento de las válvulas microfluídicas en una realización ejemplar de la invención se caracteriza tanto en aire como en agua bajo diferentes condiciones experimentales. En ambos casos se requiere una caída de presión mínima de 3 kPa para una apertura satisfactoria de la válvula. La válvula presenta un comportamiento de apertura-cierre reversible de hasta 30 ciclos de accionamiento en aire (50 kPa) y 15 en agua (25 kPa).

En las figuras 5a-c se representa otra realización de la invención. En este caso, la válvula microfluídica está diseñada para ser utilizada en aplicaciones que requieren el cierre de la válvula mientras hay un flujo de fluido a través de ella y, por tanto, diferencia de presión a través de la misma.

Como se ha descrito anteriormente, en los casos en los que la válvula ha de utilizarse en aplicaciones en las que está presente una diferencia de presión a ambos lados de la válvula, se necesitan calentadores ópticos adicionales.

En este caso se representa una válvula que comprende dos sustratos (1) unidos por un adhesivo (2). Entre los sustratos (1) se forma al menos un microcanal (5) y una barrera (4) de un material fundible que se coloca bloqueando dicho microcanal (5), como en la realización de las figuras 1a-c. La válvula también comprende un agujero (3) en correspondencia con el microcanal (5) para el paso del material fundible para formar la barrera (4) al fabricar la válvula.

En las figuras 5a-5c puede apreciarse la característica esencial de esta realización de la invención que consiste en que la válvula microfluídica, en este caso, comprende una pluralidad de calentadores. En este caso, se coloca un primer calentador óptico (6) en correspondencia con la barrera (4), en dirección longitudinal de la barrera (4) y que sobresale de sus lados.

En esta realización, también hay al menos un calentador óptico adicional (9) colocado en un lado del primer calentador (6). Preferentemente, como se representa en las figuras, hay dos calentadores ópticos adicionales (9) que están colocados cada uno a cada lado del primer calentador (6). Dichos calentadores ópticos adicionales (9) están contenidos en el espacio del microcanal (5) ocupado por la barrera (4), incrustado en dicha barrera (4). Es decir, los calentadores ópticos adicionales (9) no sobresalen de la barrera (4) en ningún punto.

El primer calentador óptico (6) y los calentadores ópticos adicionales (9) son elementos coloreados fototérmicos que están coloreados en diferentes colores, colores complementarios, es decir, que absorben potencia lumínica en diferentes rangos de frecuencia. En una realización ejemplar de la invención, el primer calentador óptico (6) es una línea magenta y los calentadores ópticos adicionales (9) son líneas cian. Estos colores se han seleccionado porque absorben la luz a diferentes frecuencias, la línea magenta que absorbe la luz verde, que es luz de longitud de onda alrededor de 530 nanómetros y la línea cian que absorbe luz roja, es decir, luz de longitud de onda alrededor de 630 nanómetros, por lo que es posible no accionar los calentadores ópticos adicionales cuando se acciona el primer calentador óptico y viceversa.

En este caso, para abrir la válvula, puesto que el primer calentador óptico (6) es magenta, se aplica una luz verde (8) para calentar el primer calentador óptico (6) sin calentar los calentadores adicionales, como puede verse en las figuras 6a-b.

Para cerrar la válvula, se utiliza una fuente de luz adicional (10). En este caso los calentadores ópticos adicionales (9) son cian por lo que la fuente de luz adicional (10) es roja. Cuando la fuente luminosa adicional acciona los calentadores ópticos (9), el material fundible en contacto con dichos calentadores ópticos adicionales (9) se funde y se desplaza al túnel (11) donde se vuelve sólido, creando de nuevo la barrera (4) y bloqueando el microcanal (5), como se puede ver en las figuras 7a-c.

5

Esta válvula mejora notablemente los inconvenientes actuales de las microválvulas de parafina en términos de tiempo de respuesta, consumo de energía, actuación múltiple y complejidad de los procesos de fabricación. Además, la tecnología microfluídica descrita aquí es altamente prometedora para la producción en masa de dispositivos de laboratorio-en-chip totalmente integrados.

10

REIVINDICACIONES

- 1.- Válvula microfluídica que comprende:
- 5 - al menos dos sustratos (1) entre los que está formado al menos un microcanal (5);
- al menos una barrera (4) de un material fundible, colocada en el microcanal (5), bloqueando dicho microcanal (5), y
- al menos un calentador óptico (6) configurado para fundir la barrera (4);
- 10 en el que al menos una sección de uno de los sustratos (1) es transparente, caracterizado por que el calentador óptico (6) está dispuesto en la dirección longitudinal al microcanal (5) sobresaliendo por ambos lados de la barrera (4).
- 2.- Válvula microfluídica según la reivindicación 1, caracterizada porque el calentador óptico (6) está colocado en uno de los sustratos (1) y está enfrentado a la barrera (4).
- 15 3.- Válvula microfluídica según la reivindicación 2, caracterizada porque el calentador óptico (6) está en contacto con la barrera (4).
- 4.- Válvula microfluídica según la reivindicación 1, caracterizada porque el calentador óptico (6) es un motivo de un material fototérmico que puede absorber energía luminosa en un rango de frecuencias.
- 20 5.- Válvula microfluídica según la reivindicación 1, caracterizada porque el calentador óptico (6) es una línea de color oscuro impresa situada en una de los sustratos (1).
- 25 6.- Válvula microfluídica según la reivindicación 1 caracterizada porque uno de los sustratos comprende al menos un agujero (3) en correspondencia con el microcanal (5) y enfrentado al calentador óptico (6).
- 30 7.- Válvula microfluídica según la reivindicación 1, caracterizada porque comprende un primer calentador óptico (6) situado en el microcanal (5) en correspondencia con la barrera (4) y al menos un calentador óptico adicional (9) situado en un lado del primer calentador óptico (6).
- 35 8.- Válvula microfluídica según la reivindicación 7 caracterizado porque comprende dos calentadores ópticos adicionales (9) situados cada uno en un lado del primer calentador óptico (6).
- 9.- Válvula microfluídica según la reivindicación 7, caracterizada porque los calentadores ópticos adicionales (9) no sobresalen de la barrera (4) en ningún punto.
- 40 10.- Válvula microfluídica según la reivindicación 7, caracterizada porque el primer calentador óptico (6) y los calentadores ópticos adicionales (9) son motivos coloreados fototérmicos de diferentes colores.
- 45 11.- Válvula microfluídica según la reivindicación 7, caracterizada porque el primer calentador óptico (6) y los calentadores ópticos adicionales (9) son motivos coloreados de colores complementarios.
- 12.- Válvula microfluídica según la reivindicación 7, caracterizada porque el primer calentador óptico (6) es una línea magenta y los calentadores ópticos adicionales (9) son líneas cian.
- 13.- Válvula microfluídica según la reivindicación 1, caracterizada porque el material fusible es cera.

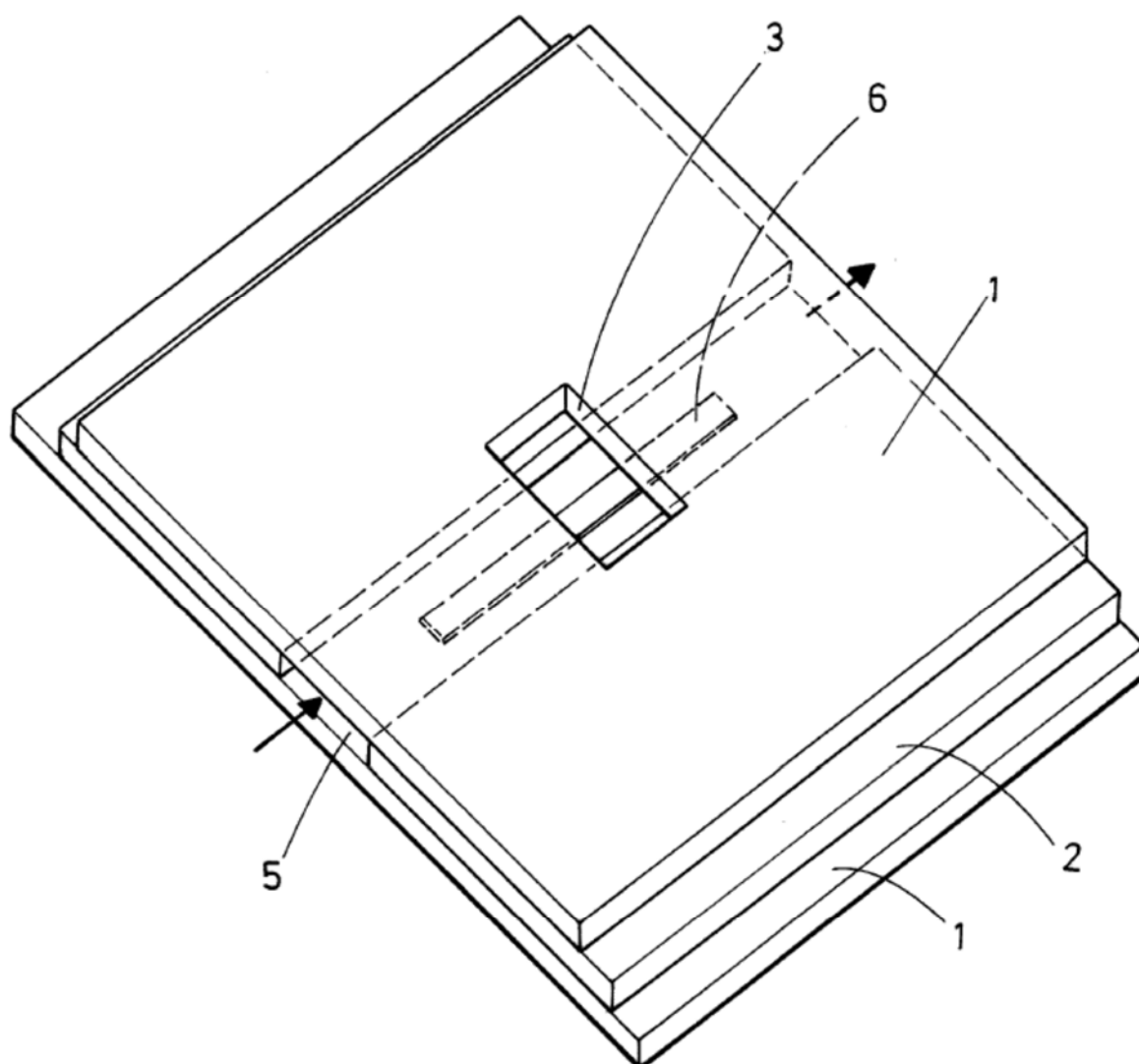


FIG.1a

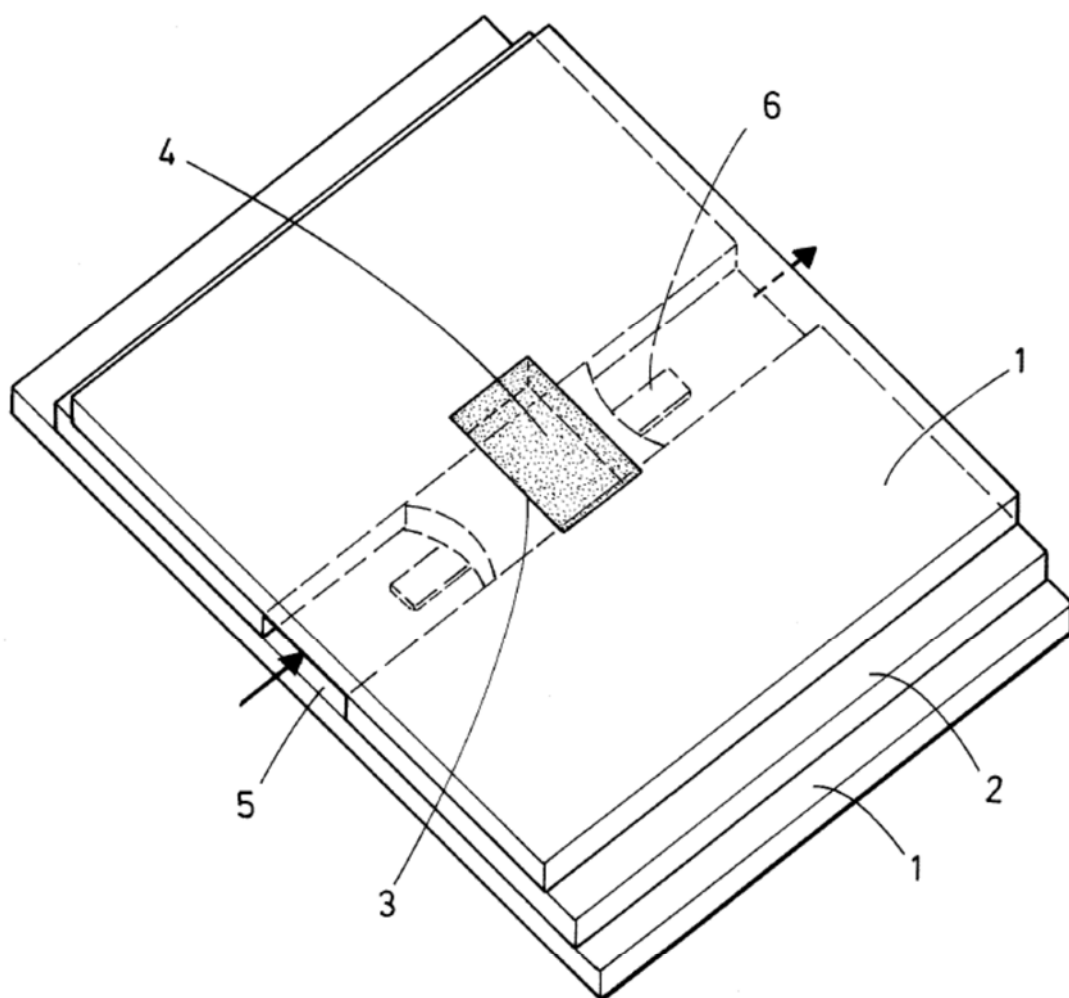


FIG. 1b

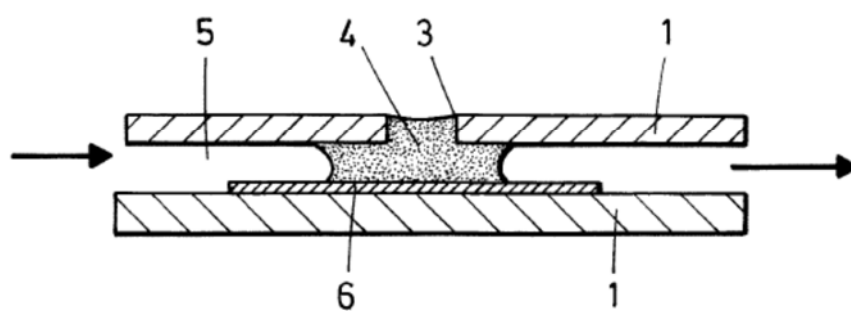


FIG. 1c

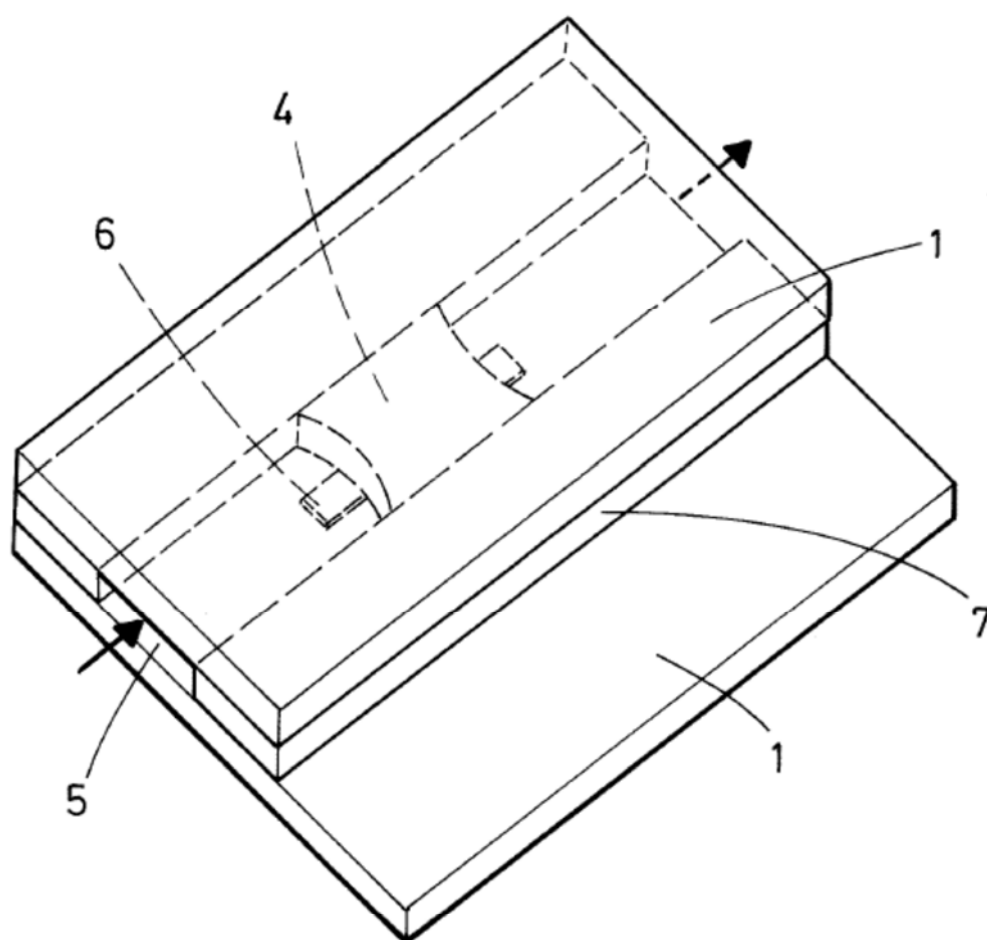


FIG. 2a

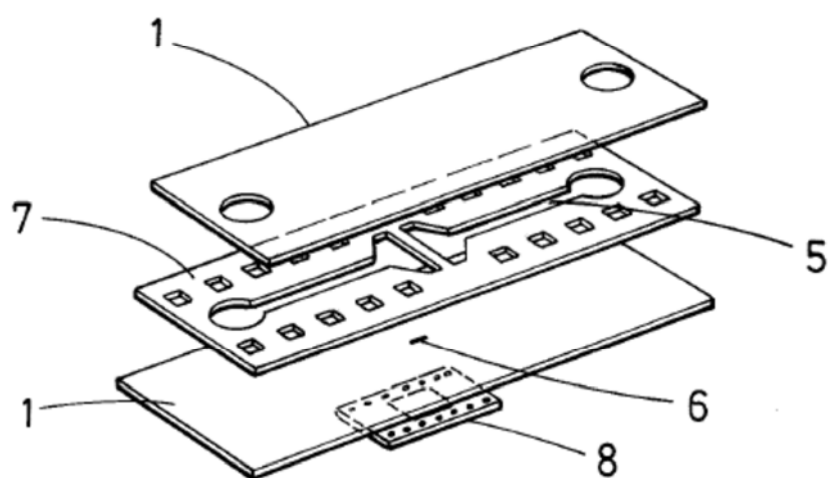
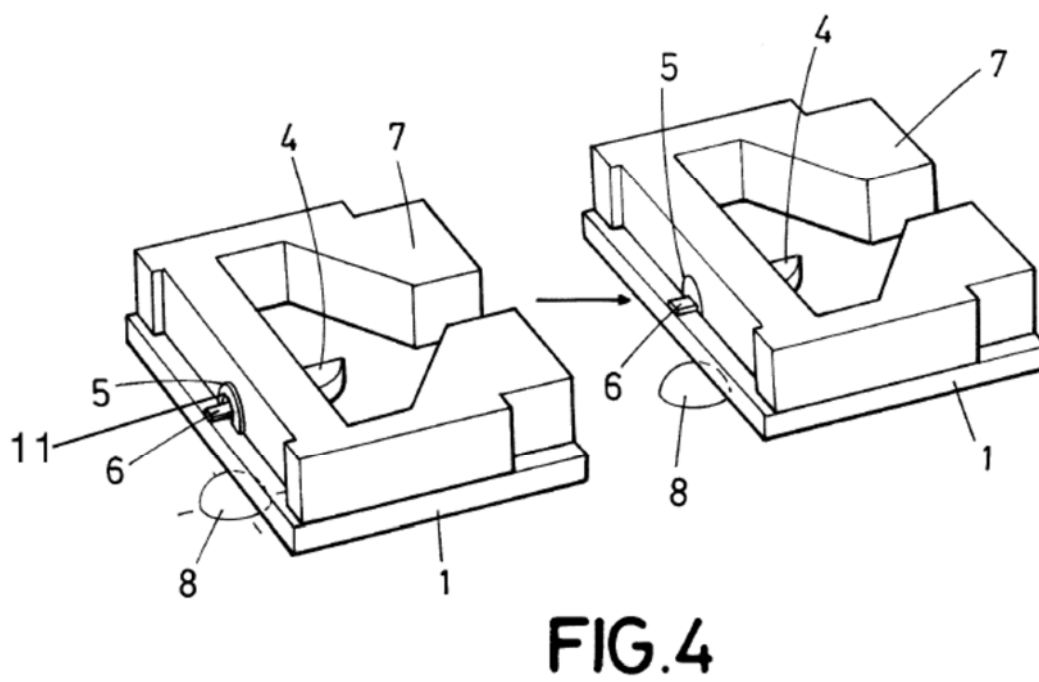
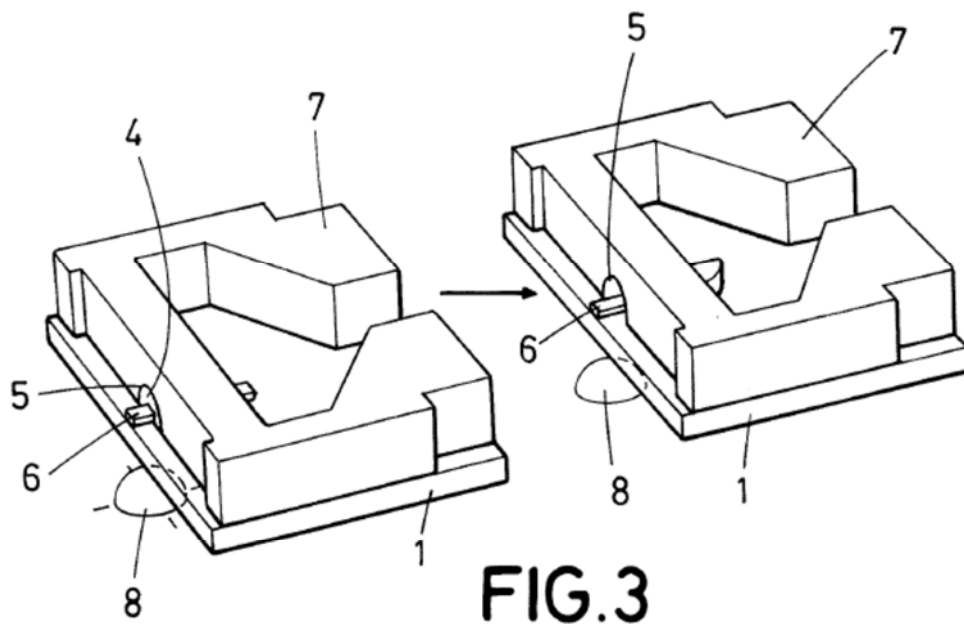


FIG. 2b



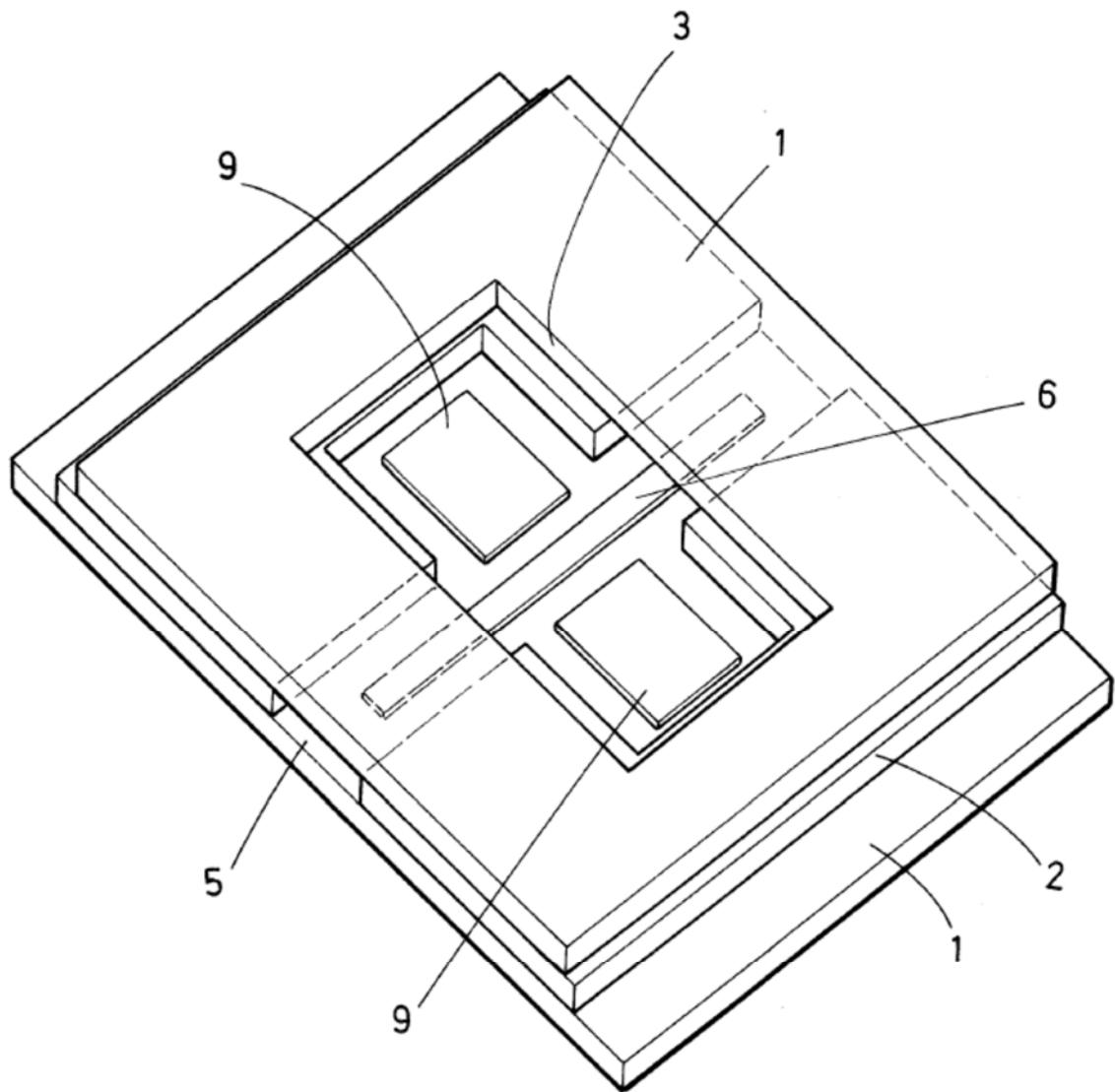


FIG.5a

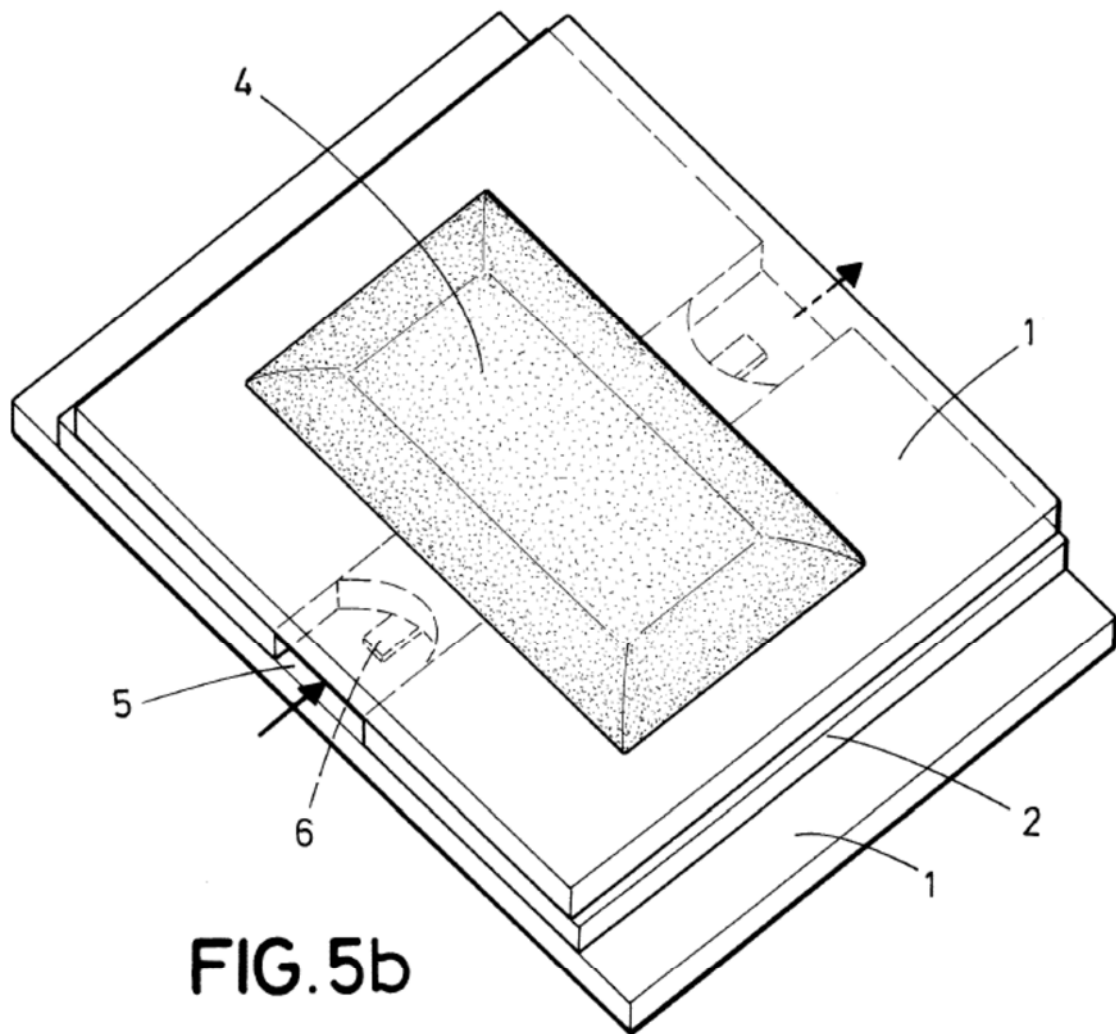


FIG. 5b

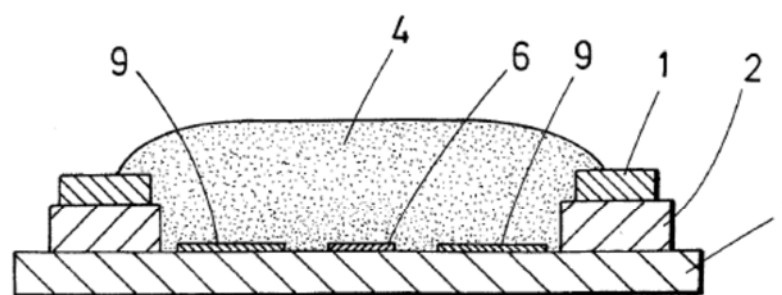


FIG. 5c

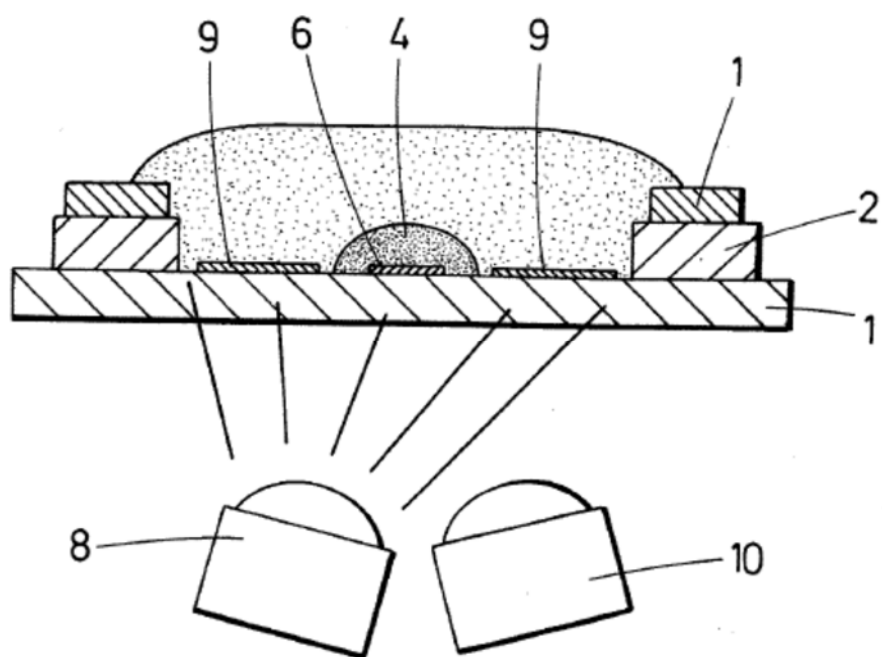


FIG. 6a

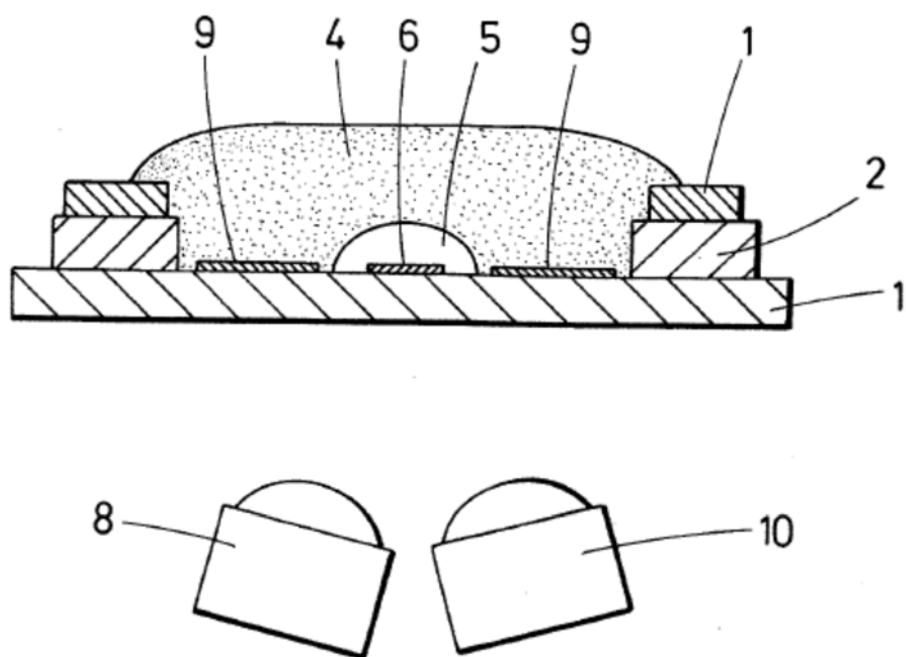
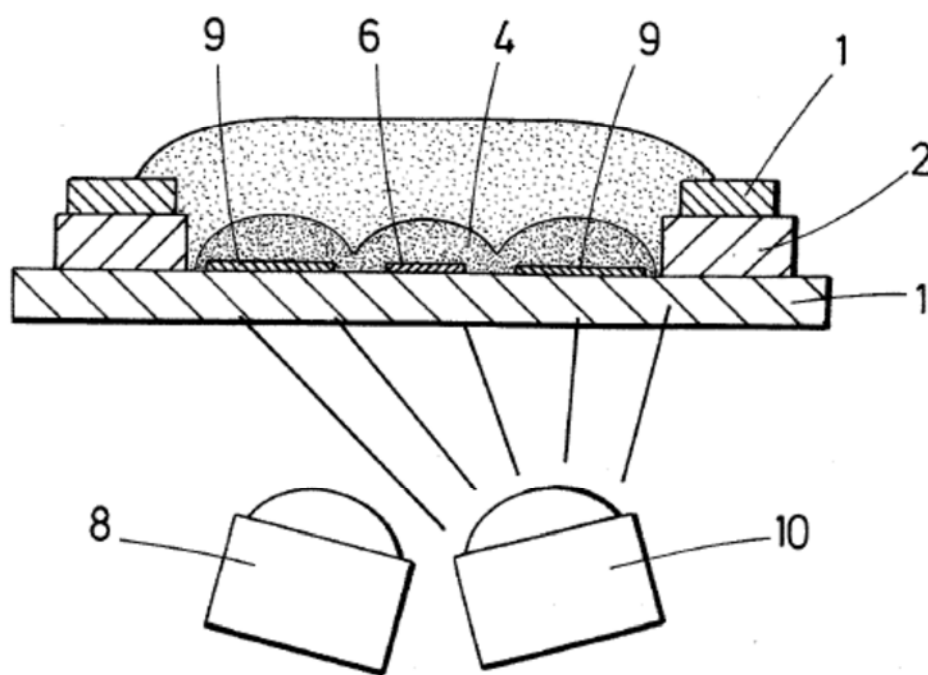
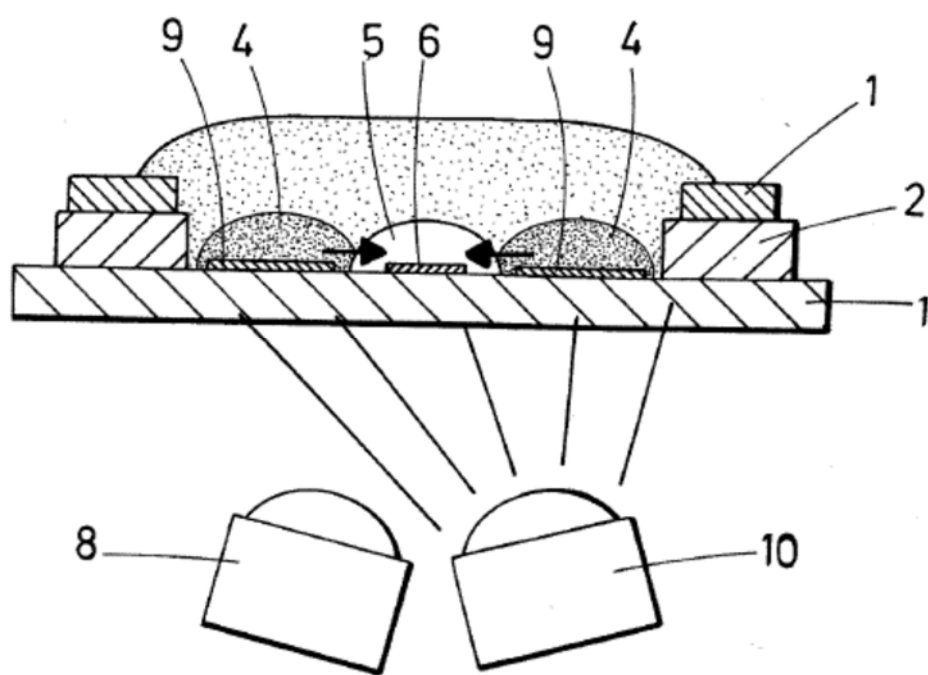


FIG. 6b



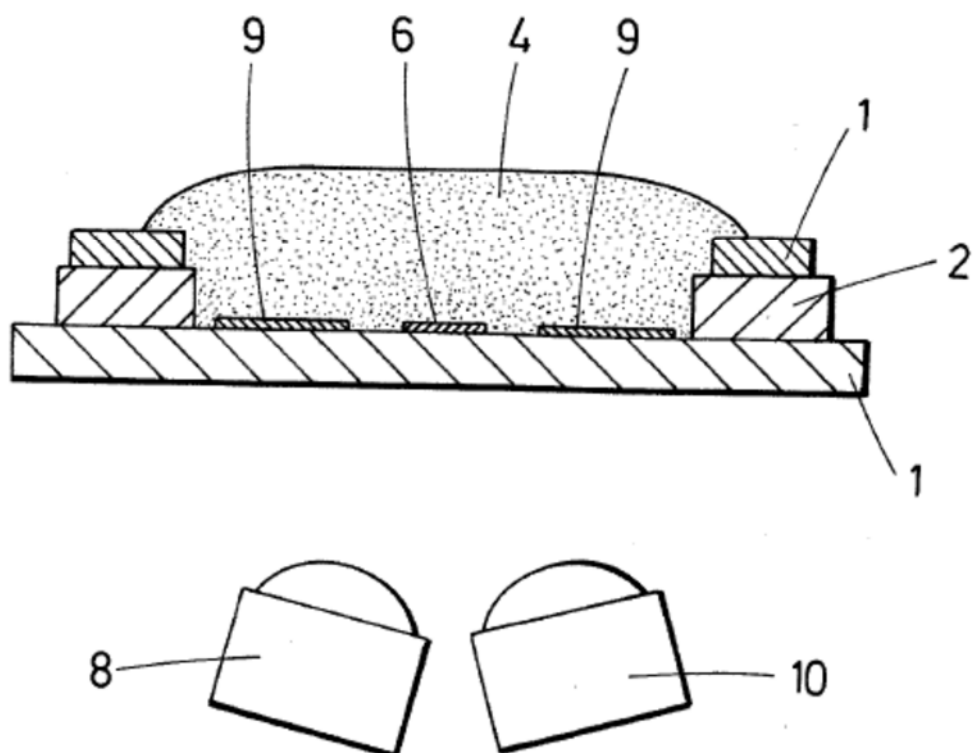


FIG.7c