

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 088**

51 Int. Cl.:

**B01L 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.06.2015 PCT/EP2015/062956**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2015 WO15189280**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2015 E 15731267 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.11.2018 EP 3154692**

54 Título: **Módulo fluídico, dispositivo y procedimiento para manipular un líquido**

30 Prioridad:

**11.06.2014 DE 102014211121**

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

**30.04.2019**

73 Titular/es:

**HAHN-SCHICKARD-GESELLSCHAFT FÜR  
ANGEWANDTE FORSCHUNG E.V. (100.0%)  
Wilhelm-Schickard-Strasse 10  
78052 Villingen-Schwenningen, DE**

72 Inventor/es:

**SCHWEMMER, FRANK;  
ZEHNLE, STEFFEN;  
PAUST, NILS y  
MARK, DANIEL**

74 Agente/Representante:

**ARIZTI ACHA, Monica**

ES 2 711 088 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

## Módulo fluido, dispositivo y procedimiento para manipular un líquido

5 La presente invención se refiere a un módulo fluido, a un dispositivo y a un procedimiento para manipular un líquido, que son adecuados en particular para manipular, tal como para retener y liberar o bombear líquido en un sistema centrífugo-microfluido.

10 La microfluidica centrífuga se encarga de la manipulación de líquidos en el intervalo de  $\mu\text{l}$  a  $\text{ml}$  en sistemas rotatorios. Tales sistemas son en la mayoría de los casos cartuchos poliméricos de un solo uso, que se usan dentro de o en lugar de rotores centrífugos, con la intención de posibilitar procesos completamente novedosos, que no pueden reproducirse mediante procesos manuales o robots de pipeteo debido a la cantidad volumétrica o precisión necesaria, o de automatizar procesos de laboratorio. A este respecto, pueden implementarse procesos de laboratorio convencionales, tales como pipeteo, centrifugación, mezclado o preparación de alícuotas en un cartucho microfluido. Con este fin, los cartuchos contienen canales para el guiado de fluido, así como cámaras para el almacenamiento de líquidos. Los cartuchos se solicitan con una sucesión predefinida de frecuencias de giro, el protocolo de frecuencias, de modo que los líquidos que se encuentran en los cartuchos pueden guiarse mediante fuerzas de inercia a cámaras correspondientes. La microfluidica centrífuga se emplea principalmente en el análisis de laboratorio y en el diagnóstico móvil.

20 La realización hasta la fecha más frecuente de cartuchos son discos centrífugos-microfluidicos, que se conocen, por ejemplo, con las denominaciones o marcas "Lab-on-a-disk", "Lab-Disk" y "Lab-on-CD", que se utilizan en aparatos de procesamiento especiales. Otros formatos, tales como un tubo de centrifugación microfluido, que se conoce con la denominación "LabTube", pueden utilizarse en rotores de aparatos de laboratorio convencionales ya existentes.

25 Una operación básica esencial, que tiene que ejecutarse en cartuchos centrífugos-microfluidicos, es la retención y liberación dirigida de líquidos. La problemática consiste en pasar líquidos a frecuencias de giro definidas o variaciones definidas de las frecuencias de giro de una primera cámara de fluido a una segunda cámara de fluido, o retener líquidos a frecuencias de giro definidas o variaciones definidas de las frecuencias de giro en una primera cámara. Para el uso de esta operación básica en un producto posible es de máxima importancia la robustez del proceso. Además, la operación básica debe estar implementada como válvula integrada monolíticamente, de modo que no sea necesario ningún componente o material adicional (los costes de material o la técnica de construcción y unión adicional (ensamblaje) aumentan esencialmente los costes del cartucho).

35 Las válvulas integradas monolíticamente en sistemas centrífugos-microfluidicos se conocen por el estado de la técnica. Así, en R. Gorkin entre otros, "Pneumatic Pumping in Centrifugal Microfluidic Platform", Microfluid Nanofluid, 2010, 9, págs. 541-549, se describe un procedimiento para el bombeo neumático, que posibilita en una primera fase a frecuencias de giro altas, definidas (por regla general varias 10 Hz), retener líquido en una primera cámara de fluido, para a continuación en una segunda fase a frecuencias de giro menores, definidas, conducir el líquido a una segunda cámara de fluido. A este respecto, en el caso de una frecuencia de giro ascendente se pasa líquido de un depósito a una primera cámara de fluido. En el caso de una frecuencia de giro elevada, se retiene el líquido en la primera cámara de fluido, comprimiéndose un volumen de gas encerrado en la primera cámara de fluido. En el caso de una frecuencia de giro descendiente, el volumen de gas encerrado se expande de nuevo y empuja una parte del líquido a un canal curvado, que funciona como sifón. Tras superar el vértice del sifón se genera una presión centrífuga adicional, que provoca que el líquido se transfiera de la primera a la segunda cámara de fluido. Por consiguiente, en la primera fase se comprime un volumen de gas encerrado por el líquido de proceso en la primera cámara de fluido, para aprovechar en la segunda fase la expansión correspondiente del volumen de gas para el retorno del líquido.

50 Durante el procedimiento del bombeo neumático, en la primera fase tiene que superarse un determinado valor umbral de la frecuencia de giro (frecuencia umbral), para retener el líquido en la primera cámara de fluido. La misma frecuencia umbral tiene que superarse a continuación, para devolver el líquido a través del vértice de sifón e iniciar la transferencia de fluido de la primera cámara de fluido a la segunda cámara de fluido.

55 Para que el llenado del sifón sea independiente de fuerzas capilares, la frecuencia umbral debería encontrarse lo más alta posible.

60 S. Zehnle, F. Schwemmer, G. Roth, F. von Stetten, R. Zengerle y N. Paust, "Centrifugodynamic Inward Pumping of Liquids on a Centrifugal Microfluidic Platform", Lab Chip, 2012, 12, págs. 5142 - 5145, describen un procedimiento para el bombeo centrífugo-dinámico hacia dentro, que posibilita retener líquido en una primera fase a frecuencias de giro altas, definidas (por regla general varias 10 Hz), en una primera cámara de fluido, para a continuación en una segunda fase a una frecuencia de giro que desciende rápidamente conducir una gran parte del líquido a una segunda cámara de fluido, que se encuentra radialmente en el interior. A este respecto, en el caso de una frecuencia de giro ascendente se pasa líquido de un depósito a una primera cámara de fluido. En el caso de una frecuencia de

giro elevada, el líquido se retiene en la primera cámara de fluido, comprimiéndose un volumen de gas encerrado en la primera cámara de fluido. En el caso de una frecuencia de giro que desciende rápidamente, el volumen de gas encerrado se expande de nuevo y empuja la gran parte del líquido a través de aquel canal, que presenta la menor resistencia al flujo. Por consiguiente, en la primera fase se comprime un volumen de gas encerrado por el líquido de proceso en la primera cámara, para en la segunda fase aprovechar la energía del gas comprimido para el bombeo radial hacia dentro del líquido. Un procedimiento correspondiente se describe en el documento DE 10 2012 202 775 A1.

Tal como se ha expuesto anteriormente, la frecuencia umbral durante el bombeo neumático debe encontrarse lo más alto posible, para mantener reducida la influencia de las fuerzas capilares. Esto significa que el sifón, por regla general, también se llena a frecuencias de giro altas (incluso cuando la tasa de retardo asciende a varias 10 Hz/s). Los inventores han reconocido que esto conlleva desventajas. Al alcanzar el líquido del vértice de sifón a frecuencias de giro mayores puede producirse una inestabilidad de la superficie de límite líquido/gas en el vértice de sifón. La inclusión de burbujas de aire y por consiguiente el fallo de funcionamiento del sifón pueden ser la consecuencia. Este efecto podría minimizarse en un sifón con un área de sección transversal pequeña, lo que sin embargo aumentaría la dependencia de fuerzas capilares, así como la resistencia fluidica y por consiguiente el tiempo necesario para la transferencia de fluido. Al bombear líquido a través de un sifón a frecuencias de giro mayores, también puede producirse una inestabilidad de la superficie límite líquido/gas en el extremo externo de sifón. También en este caso puede ser la consecuencia la inclusión de burbujas de aire y por consiguiente el fallo de funcionamiento de los sifones. Según la realización del sifón, a una frecuencia de giro alta la presión en el vértice de sifón puede volverse tan pequeña, que se evapore el líquido y que por consiguiente la formación de burbujas de gas conduzca al fallo de funcionamiento del sifón. Incluso a frecuencias de giro menores y por consiguiente depresiones menores, puede producirse la formación de burbujas de gas, dado que debido a la menor presión en la zona de vértice del sifón se reduce la solubilidad de los gases, tal como, por ejemplo, oxígeno, y por consiguiente la cantidad de gas que ya no es soluble se desgasifica en forma de burbujas.

Si en el funcionamiento de una válvula se usa un bombeo hacia dentro, tal como se describe, por ejemplo, en el documento DE 10 2012 202 775 A1, esto resulta desventajoso en el sentido de que nunca se transfiere toda la cantidad de líquido de la cámara de compresión a la cámara de captación.

Una posibilidad adicional de retener líquidos viene dada por el aprovechamiento de la fuerza capilar, que, controlada por la frecuencia de giro, tiene que superarse por la fuerza centrífuga, para mover el líquido. Sin embargo, tales métodos dependen enormemente de la tensión superficial del líquido y de la naturaleza superficial de los canales fluidicos y por consiguiente pueden clasificarse como robustos.

El objetivo de la presente invención consiste en crear un módulo fluidico, un dispositivo y un procedimiento para manipular, en particular bombear, un líquido, que posibiliten un bombeo controlado en el tiempo y desacoplado de la dinámica centrífuga a través de una determinada distancia radial.

Este objetivo se alcanza mediante un módulo fluidico según la reivindicación 1, un dispositivo según la reivindicación 10 y un procedimiento según la reivindicación 12.

Ejemplos de realización de la invención crean un módulo fluidico, que puede hacerse girar alrededor de un centro de rotación, con las siguientes características:

una primera cámara de compresión con una entrada de fluido y una salida de fluido;

una segunda cámara de compresión con una entrada de fluido;

un primer canal de fluido, que está conectado a través de la entrada de fluido de la primera cámara de compresión con la primera cámara de compresión; y

un segundo canal de fluido, que conecta la salida de fluido de la primera cámara de compresión con la entrada de fluido de la segunda cámara de compresión,

pudiendo hacerse avanzar mediante un giro del módulo fluidico un líquido de manera centrífuga a través del primer canal de fluido a la primera cámara de compresión y al segundo canal de fluido, y pudiendo encerrarse y comprimirse de ese modo un medio compresible en la segunda cámara de compresión,

pudiendo hacerse avanzar, mediante la disminución de la frecuencia de giro y la expansión condicionada por ello del medio compresible, líquido del segundo canal de fluido a la primera cámara de compresión, de la primera cámara de compresión a un canal de salida y a través del canal de salida,

cumpliéndose al menos una de las siguientes características:

el segundo canal de fluido presenta una mayor resistencia a la corriente que el canal de salida, y

la entrada de fluido de la segunda cámara de compresión está dispuesta radialmente más hacia fuera con respecto al centro de rotación que la salida de fluido de la primera cámara de compresión.

Ejemplos de realización de la invención crean un dispositivo para manipular, en particular bombear, líquido con un módulo fluídico tal como se describe en el presente documento y un dispositivo de accionamiento, que está diseñado para solicitar el módulo fluídico con rotaciones en el caso de frecuencias de giro diferentes. El dispositivo de accionamiento está diseñado para en una primera fase solicitar el módulo fluídico con una rotación en el caso de una frecuencia de giro a o por encima de una primera frecuencia de giro, a la que se hace avanzar líquido de manera centrífuga a través del primer canal de fluido a la primera cámara de compresión, a la que se llena la primera cámara de compresión con el líquido y a la que se hace avanzar líquido de la primera cámara de compresión al segundo canal de fluido, para de ese modo encerrar y comprimir el medio compresible en la segunda cámara de compresión. El dispositivo de accionamiento está diseñado además para, en una segunda fase tras la primera fase, disminuir la frecuencia de giro por debajo de una segunda frecuencia de giro, a la que la fuerza ejercida sobre el líquido por el medio comprimido en la segunda cámara de compresión prevalece sobre la fuerza centrífuga ejercida por el líquido, de modo que el medio compresible se expande y de ese modo se hace avanzar líquido del segundo canal de fluido a la primera cámara de compresión, de la primera cámara de compresión al canal de salida y a través del canal de salida.

Ejemplos de realización de la invención crean un procedimiento para manipular un líquido con un módulo fluídico tal como se describe en el presente documento. En una primera fase se gira el módulo fluídico con una rotación en el caso de una frecuencia de giro a o por encima de una primera frecuencia de giro, para hacer avanzar líquido de manera centrífuga a través del primer canal de fluido a la primera cámara de compresión, para llenar la primera cámara de compresión con el líquido, y para hacer avanzar líquido de la primera cámara de compresión al segundo canal de fluido, para de ese modo encerrar y comprimir el medio compresible en la segunda cámara de compresión. En una segunda fase tras la primera fase se disminuye la frecuencia de giro por debajo de una segunda frecuencia de giro, a la que la fuerza ejercida sobre el líquido por el medio comprimido en la segunda cámara de compresión prevalece sobre la fuerza centrífuga ejercida por el líquido, de modo que el medio compresible se expande y de ese modo se hace avanzar líquido del segundo canal de fluido a la primera cámara de compresión, de la primera cámara de compresión al canal de salida y a través del canal de salida.

Por consiguiente, ejemplos de realización de la invención se refieren a módulos fluídicos, dispositivos y procedimientos, que son adecuados para la liberación controlada y para la conducción controlada de un líquido a través de un canal, y en particular tales módulos fluídicos, dispositivos y procedimientos, que son adecuados para el bombeo temporizado de un líquido en rotores centrífugos.

Ejemplos de realización de la invención se basan en el conocimiento de que al prever una primera cámara de compresión, una segunda cámara de compresión y un segundo canal fluido, que conecta fluídicamente la primera y la segunda cámara de compresión, así como al diseñar de manera correspondiente el curso y las dimensiones del segundo canal de fluido es posible controlar la dinámica de la operación de bombeo a través del canal de salida durante y después de la disminución de la frecuencia de giro pasivamente, es decir sin una variación adicional de la frecuencia de giro.

Así, en ejemplos de realización de la invención el segundo canal de fluido puede presentar una mayor resistencia a la corriente que el canal de salida. Por ejemplo, la sección transversal del segundo canal de fluido puede ser suficientemente pequeña, para representar una resistencia a la corriente para el líquido, que es mayor que la resistencia a la corriente del canal de salida. La viscosidad del líquido (por ejemplo, agua) puede ser significativamente mayor que la viscosidad del medio compresible (por ejemplo, aire). Por consiguiente, ejemplos de realización de la invención posibilitan, debido a la mayor viscosidad del líquido, un retardo de la operación de bombeo a través del canal de salida, siempre que el segundo canal de fluido esté lleno de líquido. Hasta que el segundo canal de fluido no está parcial o completamente lleno con el medio compresible de baja viscosidad, no tiene lugar la operación de bombeo a través del canal de salida con una tasa de flujo claramente mayor, que no se limita mediante la resistencia a la corriente en el segundo canal de fluido. Mediante el retardo de la operación de bombeo, la conducción del líquido a través del canal de salida puede tener lugar por consiguiente a una frecuencia de giro cualquiera, en particular también en caso de parada.

En ejemplos de realización de la invención, el fin del segundo canal de fluido puede encontrarse radialmente más hacia fuera que el comienzo del segundo canal de fluido, de modo que una expansión del medio compresible en la segunda cámara de compresión y en el segundo canal de fluido provoca que al vaciar por bombeo el segundo canal de fluido la contrapresión centrífuga sobre el medio compresible que se expande disminuya significativamente debido a este curso del segundo canal de fluido. A este respecto, esta caída de la contrapresión centrífuga se produce debido a una variación de volumen solo reducida del medio compresible, lo que significa que a la

sobrepresión que se mantiene casi constante del medio compresible se le opone una variación significativa de la contrapresión centrífuga. Esta variación de presión se compensa al bombear el líquido en la primera cámara de compresión con una tasa de flujo alta al canal de salida. Por consiguiente, ejemplos de realización de la invención posibilitan una alta dinámica al vaciar el líquido de la primera cámara de compresión. Debido a la fuerte variación de la contrapresión centrífuga al vaciar, pero también al llenar, el segundo canal de fluido se influye no solo en la dinámica del vaciado de la primera cámara de compresión, o la dinámica del llenado de la segunda cámara de compresión, sino también en la frecuencia de giro, a la que (partiendo de que los niveles de llenado de líquido se encuentran en equilibrio) tiene lugar el vaciado de la primera cámara de compresión. Por consiguiente, ejemplos de realización de la invención, debido a las diferentes posiciones radiales de la salida de fluido de la primera cámara de compresión y de la entrada de fluido de la segunda cámara de compresión posibilitan el ajuste de las frecuencias de conmutación.

En ejemplos de realización de la invención, el canal de salida puede estar formado al menos parcialmente por el primer canal de fluido. Así, en ejemplos de realización de la invención, el primer canal es el canal de salida. En ejemplos de realización alternativos de la invención, el canal de salida presenta una parte del primer canal de fluido y un tercer canal de fluido, que se bifurca del primer canal de fluido. En ejemplos de realización alternativos, el canal de salida es un canal de fluido independiente del primer canal de fluido, que en una sección radialmente externa o el extremo radialmente externo de la misma desemboca en la primera cámara de compresión. En ejemplos de realización, el canal de salida presenta una menor resistencia a la corriente que el primer canal de fluido. En ejemplos de realización, el canal de salida presenta un sifón, estando dispuesto un extremo de salida del sifón radialmente más hacia fuera con respecto al centro de rotación que la posición en la que el canal de salida desemboca en la primera cámara de compresión.

Ejemplos de realización de la invención representan conmutadores de retardo centrífugos-neumáticos. En ejemplos de realización de la invención tiene lugar en primer lugar un retardo de un vaciado de una primera cámara de compresión, tras lo cual puede tener lugar dinámicamente un vaciado sin una variación adicional de la frecuencia de giro. Estos efectos pueden conseguirse o bien mediante el curso del segundo canal de fluido (canal de conexión) en el campo de fuerzas centrífugas o bien mediante la mayor resistencia a la corriente del segundo canal de fluido con respecto al canal de salida o bien mediante ambos.

A continuación se explicarán más detalladamente ejemplos de realización de la invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

las figuras 1A a 1D vistas en planta esquemáticas de estructuras fluídicas de un ejemplo de realización de un módulo fluídico, estando dispuesta radialmente una entrada de fluido de la segunda cámara de compresión radialmente más hacia fuera que una salida de fluido de la primera cámara de compresión;

la figura 2 un diagrama para explicar los efectos en los que se basa el ejemplo de realización mostrado en las figuras 1A a 1D;

la figura 3 una vista en planta esquemática de estructuras fluídicas según un ejemplo de realización de un módulo fluídico, en el que el segundo canal de fluido presenta una mayor resistencia al fluido que el canal de salida;

la figura 4 una vista en planta esquemática de estructuras fluídicas según un ejemplo de realización de un módulo fluídico, en el que el primer canal también forma el canal de salida;

la figura 5 una vista en planta esquemática de estructuras fluídicas según un ejemplo de realización de un módulo fluídico, en el que el canal de salida presenta un sifón;

las figuras 6 y 7 una vista lateral esquemática para explicar ejemplos de realización de dispositivos para manipular un líquido.

Antes de explicar más detalladamente ejemplos de realización de la invención, se indicará en primer lugar que los ejemplos de la invención pueden emplearse en particular en el campo de la microfluídica centrífuga, en la que se trata del procesamiento de líquidos en el intervalo de picolitros a mililitros. De manera correspondiente, las estructuras fluídicas pueden presentar dimensiones adecuadas en el intervalo de micrómetros para la manipulación de volúmenes de líquido correspondientes. En particular, los ejemplos de realización de la invención pueden emplearse en sistemas centrífugos-microfluídicos, tal como se conocen, por ejemplo, con la denominación "Labon-a-Disk".

Si en el presente documento se usa la expresión radialmente, entonces quiere decirse en cada caso radialmente con respecto al centro de rotación, alrededor del que puede hacerse girar el módulo fluídico o el rotor. Por consiguiente,

en el campo centrífugo, un sentido radial lejos del centro de rotación es radialmente descendente y un sentido radial hacia el centro de rotación es radialmente ascendente. Por consiguiente, un canal de fluido, cuyo comienzo se encuentra más cerca del centro de rotación que su fin, es radialmente descendente, mientras que un canal de fluido, cuyo comienzo está más alejado del centro de rotación que su fin, es radialmente ascendente. Un canal, que  
5 presenta una sección radialmente ascendente presenta por tanto componentes de dirección, que ascienden radialmente o discurren radialmente hacia dentro. Está claro que un canal de este tipo no tiene que discurrir exactamente a lo largo de una línea radial, sino que puede discurrir en un ángulo con respecto a la línea radial o de manera curvada.

10 Por cámara de compresión debe entenderse en el presente documento una cámara, que posibilita la compresión de un medio compresible. A este respecto, en ejemplos de realización de la presente invención puede tratarse de una cámara no ventilada. En ejemplos de realización puede tratarse de una cámara que, aunque presenta una ventilación, la ventilación presenta para el medio compresible una resistencia a la corriente tan alta, que mediante un líquido entrante tiene lugar aun así una compresión del medio compresible y que mediante una reducción de presión  
15 que se produce mediante una ventilación de este tipo en la cámara de compresión (en el periodo de tiempo relevante) es despreciable. Como tales, la primera y la segunda cámara de compresión descritas en el presente documento también podrían considerarse como cámara de compresión, que presenta dos zonas que están conectadas a través del segundo canal de fluido. En ejemplos de realización, las cámaras de compresión no presentan ninguna abertura de fluido adicional a excepción de las entradas y salidas descritas. En ejemplos de  
20 realización alternativos, la cámara de compresión puede estar acoplada a través de uno o varios canales adicionales opcionales con un volumen de compresión adicional. En ejemplos de realización a su vez alternativos, una o varias cámaras de compresión pueden presentar una abertura de ventilación que puede cerrarse.

En general, en ejemplos de realización de la invención pueden conseguirse diferentes resistencias a la corriente (resistencias hidráulicas) de respectivos canales de fluido a través de diferentes secciones transversales de corriente. En ejemplos de realización alternativos pueden conseguirse diferentes resistencias a la corriente también mediante otros medios, por ejemplo, diferentes longitudes de canal, obstáculos integrados en los canales y similares. Si en el presente documento se habla de un canal de fluido, entonces quiere decirse una estructura cuya  
25 dimensión de longitud desde una entrada de fluido hasta una salida de fluido es mayor, por ejemplo, más de 5 veces o más de 10 veces mayor, que la dimensión o dimensiones, que define o definen la sección transversal de corriente. Por consiguiente, un canal de fluido presenta una resistencia a la corriente para un flujo a través del mismo desde la entrada de fluido hasta la salida de fluido. Por el contrario, una cámara de fluido en el presente documento es una cámara que presenta dimensiones tales, que no se produce una resistencia a la corriente relevante en la misma.

35 Haciendo referencia a las figuras 6 y 7 se describen en primer lugar ejemplos de sistemas centrífugos-microfluídicos, en los que puede usarse la invención.

La figura 6 muestra un dispositivo con un módulo fluídico 10 en forma de un cuerpo rotatorio, que presenta un sustrato 12 y una tapa 14. El sustrato 12 y la tapa 14 pueden ser circulares en una vista en planta, con una abertura  
40 central, a través de la que el cuerpo rotatorio 10 puede estar colocado a través de una unidad 16 de sujeción habitual en una pieza 18 rotatoria de un dispositivo 20 de accionamiento. La pieza 18 rotatoria está montada de manera giratoria en una pieza 22 estacionaria del dispositivo 20 de accionamiento. En el caso del dispositivo 20 de accionamiento puede tratarse, por ejemplo, de una centrífuga convencional con velocidad de giro ajustable o también de un lector de CD o DVD. Puede estar prevista una unidad 24 de control, que está diseñada para controlar  
45 el dispositivo 20 de accionamiento, para solicitar el cuerpo rotatorio 10 con rotaciones con diferentes frecuencias de giro. La unidad 24 de control puede estar implementada, tal como resulta evidente para expertos en la técnica, por ejemplo, mediante una unidad de computación programada de manera correspondiente o un circuito integrado específico para el usuario. La unidad 24 de control puede estar diseñada además para controlar el dispositivo 20 de accionamiento por entradas manuales de un usuario, para provocar las rotaciones necesarias del cuerpo rotatorio.  
50 En cualquier caso, la unidad 24 de control puede estar configurada para controlar el dispositivo 20 de accionamiento, para solicitar el cuerpo rotatorio con las frecuencias de giro necesarias, para implementar ejemplos de realización de la invención, tal como se describen en el presente documento. Como dispositivo 20 de accionamiento puede usarse una centrífuga convencional con solo un sentido de giro.

55 El cuerpo rotatorio 10 presenta las estructuras fluídicas necesarias. Las estructuras fluídicas necesarias pueden estar formadas por cavidades y canales en la tapa 14, el sustrato 12 o en el sustrato 12 y la tapa 14. En ejemplos de realización pueden estar reproducidas, por ejemplo, estructuras fluídicas en el sustrato 12, mientras que aberturas de llenado y aberturas de ventilación están formadas en la tapa 14. En ejemplos de realización, el sustrato estructurado (inclusive aberturas de llenado y aberturas de ventilación) está dispuesto en la parte superior y la tapa  
60 en la parte inferior.

En un ejemplo de realización alternativo mostrado en la figura 7 están insertados módulos fluídicos 32 en un rotor 30 y forman conjuntamente con el rotor 30 el cuerpo rotatorio 10. Los módulos fluídicos 32 pueden presentar en cada caso un sustrato y una tapa, en los que pueden estar formadas a su vez estructuras fluídicas correspondientes. El

cuerpo rotatorio 10 formado por el rotor 30 y los módulos fluidicos 32, puede solicitarse a su vez con una rotación mediante un dispositivo 20 de accionamiento, que se controla mediante la unidad 24 de control.

5 En las figuras 6 y 7, un centro de rotación, alrededor del que puede hacerse girar el módulo fluidoico o el cuerpo rotatorio, está designado con R.

10 En ejemplos de realización de la invención, el módulo fluidoico o el cuerpo rotatorio, que presentan las estructuras fluidicas, pueden estar formados por cualquier material adecuado, por ejemplo, un plástico, tal como PMMA (poli(metacrilato de metilo)), PC (policarbonato), PVC (poli(cloruro de vinilo)) o PDMS (polidimetilsiloxano), vidrio o similares. El cuerpo rotatorio 10 puede considerarse una plataforma centrifuga-microfluidica.

15 A continuación, haciendo referencia a las figuras 1A a 1D, se describe un ejemplo de realización de un módulo fluidoico con estructuras fluidicas correspondientes, mostrándose en las figuras 1A a 1D las estructuras fluidicas, que están formadas en un módulo fluidoico correspondiente, durante diferentes fases de funcionamiento.

20 Las estructuras fluidicas presentan un primer canal de fluido 2, que representa un canal de entrada, una primera cámara de compresión 3 y una segunda cámara de compresión 5, que están conectados entre sí a través de un segundo canal de fluido 4, así como un tercer canal de fluido 1, que representa una parte de un canal de salida. Más concretamente, en el ejemplo mostrado en las figuras 1A a 1D, el tercer canal de fluido 1 se bifurca en una ramificación 50 del primer canal de fluido 2, de modo que una parte del primer canal de fluido entre la primera cámara de compresión 3 y la ramificación 50 y el tercer canal de fluido representan el canal de salida. El tercer canal de fluido 1 puede presentar una menor resistencia a la corriente (es decir, por ejemplo, una mayor sección transversal de flujo) que el primer canal de fluido 2, de modo que tiene lugar un vaciado de la primera cámara de compresión 3 en su mayor parte a través del tercer canal de fluido 1.

25 Una entrada 6 de fluido de la primera cámara de compresión 3, que en el ejemplo de realización está dispuesta en un extremo radialmente externo de la primera cámara de compresión 3, está conectada de manera fluidoica con el primer canal de fluido 2 y por consiguiente también con el tercer canal de fluido 1. Una salida 7 de fluido de la primera cámara de compresión 3, que en el ejemplo de realización está dispuesta en un extremo radialmente interno de la primera cámara de compresión 3, está conectada de manera fluida con el segundo canal de fluido 4.

30 Una entrada 8 de fluido de la segunda cámara de compresión 5, que en el ejemplo de realización está dispuesta en un extremo radialmente externo de la segunda cámara de compresión 5, está conectada de manera fluidoica con el segundo canal de fluido 4. La entrada 8 de fluido de la segunda cámara de compresión 5 se encuentra radialmente más hacia fuera que la salida 7 de fluido de la primera cámara de compresión 3. Por consiguiente, un fragmento del segundo canal de fluido se extiende entre el fragmento 4a radialmente más interno y el fragmento 4b radialmente más externo del segundo canal de fluido con respecto al centro de rotación, que en la figura 1A está designado con R, radialmente hacia fuera.

40 A continuación se explicará detalladamente haciendo referencia a las figuras 1A a 1D y al diagrama en la figura 2 el funcionamiento del ejemplo de realización de las figuras 1A a 1D.

#### Fase 1: Operación de llenado

45 Durante el funcionamiento, en una primera fase se llena parcialmente en primer lugar a una frecuencia de giro alta la primera cámara de compresión 3 y el tercer canal 1 (canal de salida de fluido) a través del primer canal 2 (canal de entrada de fluido). Por ejemplo, un extremo radialmente interno del primer canal de entrada de fluido puede estar acoplado de manera fluidoica con este fin con una cámara de entrada (no mostrada). A este respecto, en la primera y en la segunda cámara 3, 5 de compresión, así como en el segundo canal de fluido 4 (canal de conexión de fluidos), se encierra un medio compresible, que se comprime por el líquido que entra en la primera cámara de compresión, figura 1A. A este respecto, en el medio compresible se genera una sobrepresión, que se compensa mediante la presión centrifuga del líquido en el canal 2 de entrada de fluido y en el canal 1 de salida de fluido. Si se supera una frecuencia  $f_i$  de giro, entonces se llena completamente la primera cámara de compresión 3, y el líquido fluye a través del canal 4 de conexión a la segunda cámara de compresión 5. Tras un tiempo suficientemente largo desde el llenado, el sistema alcanza el estado de equilibrio, en el que los niveles de llenado de líquido ya no varían a la frecuencia de giro dada. A una frecuencia de giro descendente, el medio compresible comprimido encerrado (volumen de gas) se expande de nuevo y se bombea de vuelta líquido a través del primer canal de fluido 2 y el tercer canal de fluido 1.

#### 60 Fase 2a: Operación de vaciado con dinámica por un comportamiento de histéresis

En el caso en el que la entrada 8 de fluido de la segunda cámara de compresión 5 se encuentra radialmente más hacia fuera que la salida 7 de fluido de la primera cámara de compresión 3, como en las figuras 1A a 1D, el sistema al alcanzar la frecuencia  $f_i$  de giro se encuentra fuera del equilibrio de la presión centrifuga y la contrapresión

neumática (en el caso de gas como medio compresible) del medio compresible. Este desequilibrio se compensa, tal como se muestra en la figura 2, mediante un llenado rápido (“dinámico”) de la segunda cámara de compresión 5, hasta que se ha alcanzado de nuevo el estado de equilibrio. La figura 1B muestra el estado en el caso de un giro por encima de la frecuencia  $f_1$  de giro.

5 Si a continuación se reduce de nuevo la frecuencia de giro, entonces la segunda cámara de compresión 5 no se vacía completamente hasta alcanzar la frecuencia  $f_2$  de giro, siendo  $f_2 < f_1$ . En cuanto se queda por debajo de  $f_2$ , también se vacía el canal 4 de conexión, con lo que el sistema se encuentra a su vez fuera del equilibrio de la presión centrífuga y la contrapresión neumática (en el caso de gas como medio compresible) del medio compresible.  
10 Este desequilibrio se compensa según la figura 2 mediante un vaciado rápido (“dinámico”) de la primera cámara de compresión 3, hasta que se ha alcanzado de nuevo el estado de equilibrio.

15 Este vaciado dinámico provocado por la presión neumática genera altas tasas de flujo en el primer canal de fluido 2 y en el tercer canal de fluido 1. Por consiguiente, el líquido en el tercer canal de fluido 1 puede alcanzar posiciones radialmente internas, que no pueden alcanzarse en el estado de equilibrio. Expresado de otra manera, en el caso del vaciado del segundo canal 3 de fluido aumenta la dinámica de la operación de vaciado, con lo que en los canales 2 y 1 de fluido primero y tercero se alcanzan alturas de llenado mayores que en el estado de equilibrio. En ejemplos de realización, el tercer canal de fluido puede estar diseñado como sifón, cuyo extremo de salida está dispuesto radialmente más hacia fuera que la entrada de fluido de la primera cámara de compresión 3, para posibilitar una salida de todo el líquido.  
20

Tal como resulta evidente a partir de la figura 2, los volúmenes de líquido en las cámaras 3 y 5 de fluido experimentan un comportamiento de histéresis con respecto a la frecuencia de giro. Para el caso en el que la entrada 8 de fluido de la cámara de fluido se encuentra radialmente más hacia fuera que la salida 7 de fluido de la cámara 3 de fluido, en el caso de una frecuencia de giro creciente, que en la figura 2 está identificada mediante flechas con +, tiene lugar un llenado “repentino” dinámico de la cámara 5 de fluido, en cuanto se supera la frecuencia  $f_1$  de giro. En el caso de una frecuencia de giro decreciente, que en la figura 2 está identificada mediante flechas con -, tiene lugar un vaciado “repentino” dinámico de la cámara 3 de fluido, en cuanto se queda por debajo de la frecuencia  $f_2$  de giro.  
25

30 Fase 2b: Operación de vaciado con dinámica por una alta resistencia a la corriente

La figura 3 muestra un ejemplo de realización alternativo de la invención, en el que la entrada 8 de fluido de la segunda cámara de compresión 5 no está dispuesta radialmente más hacia fuera que la salida de fluido de la primera cámara de compresión. Más bien, en el ejemplo de realización mostrado en la figura 3, la entrada 8 de fluido de la segunda cámara de compresión 5 se encuentra radialmente más hacia dentro que la salida 7 de fluido de la primera cámara de compresión 3. Debe tenerse en cuenta que el centro de rotación en las figuras se encuentra en cada caso por encima de la estructura fluídica, tal como se indica en la figura 3 a su vez mediante el centro de rotación designado con el signo de referencia R.  
35

40 Para el caso en el que la entrada de fluido de la segunda cámara de compresión 5 no se encuentra radialmente más hacia fuera que la salida de fluido de la primera cámara de compresión 3 (véase la figura 3), no se produce el comportamiento de histéresis descrito en la fase 2a: es aplicable que  $f_2 \geq f_1$ . No obstante, se consigue un vaciado “repentino” rápido de la cámara de compresión 3, cuando el segundo canal de fluido 4 (canal de conexión) representa una resistencia a la corriente suficientemente alta para el líquido. En este caso, al llenar la cámara de compresión 5 se retarda la operación de llenado en primer lugar debido a la alta resistencia a la corriente en el canal 4 de conexión. Tras un tiempo suficientemente largo desde el llenado, el sistema alcanza el estado de equilibrio, en el que los niveles de llenado de líquido ya no varían a una frecuencia de giro dada.  
45

50 Si a continuación se reduce la frecuencia de giro, entonces se limita la corriente de retorno del líquido debido a la alta resistencia a la corriente en el segundo canal de fluido 4. En el caso de una resistencia a la corriente suficientemente alta en el segundo canal de fluido 4, la tasa de flujo del líquido durante la corriente de retorno también en caso de parada del rotor centrífugo es tan reducida que las alturas de llenado de líquido en los canales 1 y 2 de fluido solo varían ligeramente. Durante esta operación de corriente de retorno, puede implementarse cualquier frecuencia de giro. En particular, la frecuencia de giro puede quedar claramente por debajo del valor crítico  $f_1$  o incluso ascender a 0. Si se queda durante suficiente tiempo por debajo de la frecuencia  $f_1$  de giro, entonces se vacía en primer lugar la segunda cámara de compresión 5, seguida del segundo canal de fluido 4. Mientras se vacía el segundo canal de fluido 4, se reduce la resistencia a la corriente en el segundo canal de fluido 4 (debido a la viscosidad reducida del medio compresible), de modo que aumenta la tasa de flujo del líquido durante la corriente de retorno. En el caso de un diseño correspondiente de la geometría de los canales de fluido y de las cámaras de compresión y en el caso de frecuencias de giro aplicadas de manera correspondiente, la tasa de flujo puede ascender suficientemente durante y después del vaciado del segundo canal de fluido 4, para alcanzar en el tercer canal de fluido 1 (canal de salida de fluido) una posición radialmente interna, que no puede alcanzarse en el estado de equilibrio.  
55  
60



En ejemplos de realización, pueden combinarse la alta resistencia a la corriente y el comportamiento de histéresis. La dinámica de la operación de vaciado puede aumentarse o maximizarse, tanto al diseñar un canal de conexión con una mayor resistencia a la corriente que el canal de salida como al disponer la entrada de fluido de la segunda cámara de compresión radialmente más hacia fuera que la salida de fluido de la primera cámara de compresión. De este modo puede conseguirse una combinación de los efectos descritos anteriormente, con lo que es posible bombear radialmente aún más hacia dentro líquido en el canal de fluido de salida.

La figura 4 muestra un ejemplo de realización adicional de la invención, en el que el canal 2 de entrada de fluido también representa el canal de salida de fluido. Los efectos descritos anteriormente pueden alcanzarse también de manera análoga, cuando el canal 2 de entrada de fluido también se hace funcionar como canal de salida de fluido.

La figura 5 muestra un ejemplo de realización adicional, en el que el canal 1 de salida de fluido está diseñado como sifón 60, de modo que al menos una zona, por ejemplo, un extremo 62 de salida del canal 1 de salida de fluido se encuentra radialmente más hacia fuera que la entrada 6 de fluido de la primera cámara de compresión. De este modo es posible vaciar todo el líquido de la estructura fluídica, que presenta los canales de fluido y las cámaras de compresión descritos.

En ejemplos de realización adicionales, la segunda cámara de compresión puede estar dividida en varias cámaras de compresión, que están conectadas unas detrás de otras a través de respectivos canales de fluido. Por consiguiente, es posible que la segunda cámara de compresión esté dividida a su vez en varias cámaras. De este modo es posible que determinadas cámaras estén llenas exclusivamente con el medio compresible, mientras que otras cámaras están llenas tanto con el medio compresible como con el líquido.

En ejemplos de realización de la invención, pueden usarse varios líquidos, que se suministran sucesivamente a través del primer conducto de fluido, para el funcionamiento descrito, pudiendo ser uno o varios de los líquidos también compresibles.

En el caso de ejemplos de realización adicionales, varias de las estructuras fluídicas descritas pueden conectarse en paralelo. Mediante diferentes geometrías de canal de los respectivos segundos canales de fluido (canales de conexión) puede conseguirse entonces una conexión secuencial de los fluidos en momentos de tiempo predefinidos. Esto es útil para la automatización de los más diversos procedimientos bioquímicos.

En ejemplos de realización, el canal de salida no tiene que desembocar conjuntamente con el canal de entrada en la primera cámara de compresión. El canal de salida también puede desembocar por separado en un fragmento radialmente externo, por ejemplo, el extremo radialmente externo, en la primera cámara de compresión, siempre que mediante la configuración se siga garantizando que el medio compresible pueda comprimirse en la cámara de compresión. Por ejemplo, el canal de salida independiente puede estar configurado para, durante el llenado de la primera cámara de compresión, cerrarse mediante el primer canal de fluido por el líquido.

Ahora se indican valores y geometrías típicos a modo de ejemplo, estando sin embargo claro que la presente invención no está limitada a tales valores y geometrías.

En una realización típica, el canal 4 de conexión puede presentar un diámetro desde 20  $\mu\text{m}$  hasta 200  $\mu\text{m}$ . El volumen de la cámara de compresión 3 puede encontrarse entre 25 y 75  $\mu\text{l}$ , por ejemplo, 50  $\mu\text{l}$ , y el volumen de la cámara 4 de compresión puede encontrarse de 150  $\mu\text{l}$  a 360  $\mu\text{l}$ . En ejemplos de realización de la invención, el volumen de la primera cámara de compresión es menor, por ejemplo, con un factor desde 2 hasta 6, que el volumen de la segunda cámara de compresión. Volúmenes de fluido típicos del líquido procesado pueden encontrarse a 100  $\mu\text{l}$ , siendo concebible volúmenes desde 100 nl hasta 5 ml en el caso de una realización correspondiente de las cámaras.

En ejemplos de realización de la invención, el canal de salida (inclusive la entrada 6 de fluido) puede presentar una resistencia fluídica (resistencia a la corriente), que es menor al menos con el factor 2 o al menos con el factor 10 que la resistencia fluídica del canal de conexión. Esto no es necesario, tal como se ha descrito, en cada realización. La viscosidad del líquido procesado (por ejemplo, agua) puede presentar una viscosidad mayor con un factor desde 30 hasta 90 que el medio compresible. Por ejemplo, el agua como líquido que debe procesarse tiene una viscosidad aproximadamente con el factor 60 mayor que el aire como medio compresible.

Las estructuras fluídicas no tienen que presentar las formas representadas. Por ejemplo, las cámaras no tienen que ser rectangulares, sino que pueden adoptar cualquier forma y pueden tener esquinas redondeadas normalmente.

En ejemplos de realización de la invención, el volumen máximo del canal de conexión puede estar limitado a aproximadamente de 0,3  $\mu\text{l}$  a 0,5  $\mu\text{l}$ . El volumen mínimo de la primera cámara de compresión debería ascender en este caso a aproximadamente 5  $\mu\text{l}$ . Básicamente, el canal de conexión también puede estar realizado con una

longitud grande, siendo concebibles entonces también volúmenes de canal mayores. Sin embargo, esto estaría asociado con desventajas técnicas, por ejemplo, un mayor volumen muerto y un mayor esfuerzo de fabricación.

5 En ejemplos de realización de la invención tiene lugar un llenado y vaciado dinámico de una cámara de compresión. Un llenado y vaciado dinámico de este tipo puede conseguirse mediante las cámaras de compresión primera y segunda conectadas a través del canal de conexión. Mediante esta construcción puede conseguirse un llenado y vaciado, que se diferencia del llenado y vaciado dinámico en cámaras de compresión, tal como se conocen del estado de la técnica.

10 En una cámara de compresión, tal como se conocen del estado de la técnica, el nivel de llenado de equilibrio es constante como función de la frecuencia de giro, es decir, que con una variación de frecuencia de giro muy pequeña (por ejemplo, 0,1 Hz) va asociada siempre una variación muy pequeña del nivel de llenado de la cámara de compresión (por ejemplo, < 1%). El nivel de llenado de equilibrio está definido como el nivel de llenado, que se ajusta en el caso de una frecuencia de giro que se mantiene constante infinitamente.

15 En ejemplos de realización de la invención puede alcanzarse un llenado dinámico o un vaciado dinámico con un comportamiento de histéresis. Para un determinado intervalo de frecuencias de giro, debido a la disposición geométrica de un sistema de cámaras (compuesto por al menos dos cámaras de compresión o cámaras neumáticas) no puede asignarse a ninguna frecuencia de giro en el estado de equilibrio, es decir en el caso de una centrifugación que dura infinitamente, un nivel de llenado de líquido definido. Dependiendo de si se llena o se vacía precisamente un sistema de cámaras, puede ajustarse un primer o un segundo nivel de llenado de equilibrio. Si se abandona este intervalo de frecuencias de giro, puede perseguirse un nuevo nivel de llenado de equilibrio, que difiere enormemente del nivel de llenado actual. Esta fuerte diferencia puede compensarse al acelerar la operación de llenado o de vaciado, accionado por una fuerza centrífuga o fuerza neumática. En el caso de este tipo de llenado  
20 o vaciado dinámico, el nivel de llenado de equilibrio es discontinuo en función de la frecuencia de giro, es decir, que una variación muy pequeña de la frecuencia de giro (por ejemplo, 0,1 Hz) puede conducir a una fuerte variación del nivel de llenado (por ejemplo, > 20%) de la cámara de compresión.

30 En ejemplos de realización de la invención puede conseguirse un llenado dinámico o un vaciado dinámico mediante la utilización de altas resistencias a la corriente. A este respecto, la evolución temporal de la operación de llenado o de vaciado puede determinarse de manera decisiva mediante secciones transversales de canal. Por consiguiente, debido a fuerzas más viscosas pueden conseguirse tasas de flujo distintas de cero también a una frecuencia de giro constante. En particular, el intercambio de diferentes medios en canales estrechos y las variaciones de viscosidad asociadas con ello puede conducir a altas variaciones de tasas de flujo, que pueden acelerar la operación de llenado  
35 o de vaciado también a una frecuencia de giro constante.

Ejemplos de realización de la presente invención crean un módulo fluídico, que puede hacerse girar alrededor de un centro de rotación, con las siguientes características: un primer canal de fluido; una primera cámara de compresión, que está acoplada de manera fluídica con el primer canal de fluido; una segunda cámara de compresión, que está  
40 acoplada de manera fluídica a través de un segundo canal de fluido con la primera cámara de compresión; y un tercer canal de fluido, que está acoplado de manera fluídica con la primera cámara de compresión. Un líquido puede hacerse avanzar de manera centrífuga a través del primer canal de fluido a la primera cámara de compresión. En el caso de un giro del módulo fluídico, un medio compresible puede encerrarse y comprimirse en la segunda cámara de compresión por un líquido, que se hace avanzar mediante la fuerza centrífuga a través del primer canal de fluido  
45 a la primera cámara de compresión, al segundo canal de fluido y a la segunda cámara de compresión. Puede hacerse avanzar líquido mediante la disminución de la frecuencia de giro y la expansión condicionada por ello del medio compresible desde la segunda cámara de compresión y desde el segundo canal de fluido a través del tercer canal de fluido.

50 Ejemplos de realización de la invención crean una estructura centrífuga-microfluídica con una cámara de compresión dividida a través de un canal de fluido en una primera parte y una segunda parte, pudiendo llenarse y vaciarse ambas partes de manera reversible al menos parcialmente con líquido. Durante el funcionamiento, ejemplos de realización de la presente invención presentan la generación de operaciones de conmutación fluídicas altamente dinámicas, en las que no es necesaria ninguna variación rápida de la frecuencia de rotación. Además, ejemplos de  
55 realización de la presente invención presentan en funcionamiento la generación de operaciones de conmutación fluídicas altamente dinámicas, en las que no son necesarias ni variaciones rápidas de la frecuencia de rotación ni altas resistencias fluídicas. Por lo demás, ejemplos de realización de la invención muestran el mantenimiento de la compresión de un medio compresible en un rotor centrífugo a lo largo de un determinado periodo de tiempo mínimo en el caso de cualquier variación de la frecuencia de giro.

60 Ejemplos de realización de la presente invención posibilitan mantener líquidos en cámaras de fluido, mientras que durante un determinado tiempo puede emplearse un protocolo de frecuencias de giro cualquiera. Esto posibilita la realización de procesos paralelos durante el mantenimiento del líquido y por consiguiente la automatización de procesos más complejos que los conocidos hasta la fecha del estado de la técnica.

Además, ejemplos de realización de la presente invención posibilitan también un mantenimiento de líquidos por encima de una frecuencia de giro definida, que puede encontrarse claramente por debajo de la frecuencia de giro, que se usa para la activación del mantenimiento del líquido.

- 5 Ejemplos de realización de la presente invención posibilitan una liberación altamente dinámica de líquido desde cámaras de fluido, también cuando solo están disponibles tasas de aceleración muy reducidas. Esto es útil sobre todo para el funcionamiento en centrífugas de laboratorio convencionales. Además, posibilitan la transferencia de líquido a través de un canal de salida de fluido, en particular a través de un sifón, en el caso de frecuencias de giro
- 10 reducidas. Por consiguiente, pueden evitarse las desventajas mencionadas al principio del vaciado a altas frecuencias de giro.

**REIVINDICACIONES**

1. Módulo fluídico (10, 32), que puede hacerse girar alrededor de un centro (R) de rotación, con las siguientes características:
  - 5 una primera cámara (3) con una entrada (6) de fluido y una salida (7) de fluido;
  - una segunda cámara de compresión (5) con una entrada (8) de fluido;
  - un primer canal de fluido (2), que está conectado a través de la entrada (6) de fluido de la primera cámara (3) con la primera cámara (3); y
  - 10 un segundo canal de fluido (4), que conecta la salida (7) de fluido de la primera cámara (3) con la entrada (8) de fluido de la segunda cámara de compresión (5), pudiendo hacerse avanzar mediante un giro del módulo fluídico (10, 32) un líquido de manera centrífuga a través del primer canal de fluido (2) a la primera cámara (3), al segundo canal de fluido (4) y a la segunda cámara de compresión (5), y pudiendo encerrarse y comprimirse de ese modo un medio compresible en la segunda cámara de compresión (5),
  - 15 cumpliéndose al menos una de las siguientes características:
    - 20 el segundo canal de fluido (4) presenta para el líquido una mayor resistencia a la corriente que el canal de salida (1, 2), y la entrada (8) de fluido de la segunda cámara de compresión (5) está dispuesta radialmente más hacia fuera con respecto al centro (R) de rotación que la salida (7) de fluido de la primera cámara (3),
    - caracterizado por que la primera cámara (3) es una primera cámara de compresión (3), y mediante la disminución de la frecuencia de giro y la expansión condicionada por ello del medio compresible puede hacerse avanzar líquido de la segunda cámara de compresión (5) y del segundo canal de fluido (4) a la primera cámara de compresión (3), de la primera cámara de compresión (3) a un canal de salida (1, 2) y a través del canal de salida (1, 2).
2. Módulo fluídico (10, 32) según la reivindicación 1, en el que el primer canal de fluido (2) es el canal de salida (2).
3. Módulo fluídico (10, 32) según la reivindicación 1, en el que el canal de salida (1, 2) presenta una parte del primer canal de fluido (2) y al menos un tercer canal de fluido (1), que se bifurca del primer canal de fluido (2).
- 35 4. Módulo fluídico (10, 32) según la reivindicación 3, en el que el al menos un tercer canal de fluido (1) presenta una menor resistencia a la corriente para el líquido que el primer canal de fluido (2).
5. Módulo fluídico (10, 32) según la reivindicación 1 a 4, en el que el canal de salida (1, 2) presenta un sifón (60), estando un extremo (60) de salida del sifón (60) dispuesto radialmente más hacia fuera con respecto al centro (R) de rotación que la posición en la que el canal de salida (1, 2) desemboca en la primera cámara de compresión (3).
- 40 6. Módulo fluídico (10, 32) según la reivindicación 1, en el que el canal de salida es un canal de fluido independiente del primer canal de fluido (2), que en una sección radialmente externa o el extremo radialmente externo del mismo desemboca en la primera cámara de compresión (3).
7. Módulo fluídico (10, 32) según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la salida (7) de fluido de la primera cámara de compresión (3) está dispuesta en una sección radialmente interna con respecto al centro (R) de rotación o un extremo radialmente interno de la primera cámara de compresión (3).
- 50 8. Módulo fluídico (10, 32) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la entrada (8) de fluido de la segunda cámara de compresión (5) está dispuesta en una sección radialmente externa con respecto al centro (R) de rotación o un extremo radialmente externo de la segunda cámara de compresión (5).
- 55 9. Módulo fluídico (10, 32) según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el segundo canal de fluido (4) en el sentido de flujo de la segunda cámara de compresión (5) a la primera cámara de compresión (4) con respecto al centro (R) de rotación presenta una sección, cuyo comienzo está más alejado del centro (R) de rotación que su fin.
- 60 10. Dispositivo para manipular un líquido, con las siguientes características:
  - un módulo fluídico (10, 32) según una de las reivindicaciones 1 a 9; y
  - un dispositivo (20) de accionamiento, que está diseñado para solicitar el módulo fluídico (10, 32) con rotaciones en el caso de frecuencias de giro diferentes,

- estando diseñado el dispositivo (20) de accionamiento para, en una primera fase, solicitar el módulo fluídico (10, 32) con una rotación en el caso de una frecuencia de giro  $a$  o por encima de una primera frecuencia de giro, a la que se hace avanzar líquido de manera centrífuga a través del primer canal de fluido (2) a la primera cámara de compresión (3), a la que se llena la primera cámara de compresión (3) con el líquido y a la que se hace avanzar líquido de la primera cámara de compresión (3) al segundo canal de fluido (4) y la segunda cámara de compresión (5), para de ese modo encerrar y comprimir el medio compresible en la segunda cámara de compresión (5), estando diseñado el dispositivo (20) de accionamiento para, en una segunda fase tras la primera fase, disminuir la frecuencia de giro por debajo de una segunda frecuencia de giro, a la que la fuerza ejercida sobre el líquido por el medio comprimido en la segunda cámara de compresión (5) prevalece sobre la fuerza centrífuga ejercida por el líquido, de modo que el medio compresible se expande y de ese modo se hace avanzar líquido de la segunda cámara de compresión (5) y el segundo canal de fluido (4) a la primera cámara de compresión (3), de la primera cámara de compresión (3) al canal de salida (1, 2) y a través del canal de salida (1, 2).
- 5
- 10
- 15
11. Dispositivo según la reivindicación 10, en el que la entrada (8) de fluido de la segunda cámara de compresión (5) está dispuesta radialmente más hacia fuera con respecto al centro (R) de rotación que la salida (7) de fluido de la primera cámara de compresión (3), siendo la segunda frecuencia de giro menor que la primera frecuencia de giro y estando diseñado el dispositivo de accionamiento para, en una fase intermedia entre la primera fase y la segunda fase, solicitar el módulo fluídico (10, 32) con una frecuencia de giro, que se encuentra entre la primera frecuencia de giro y la segunda frecuencia de giro, sin que se haga avanzar líquido del segundo canal de fluido (4) a la primera cámara de compresión (3).
- 20
12. Procedimiento para manipular un líquido con un módulo fluídico (10, 32) según una de las reivindicaciones 1 a 9, con las siguientes características:
- 25
- en una primera fase, girar el módulo fluídico (10, 32) con una rotación en el caso de una frecuencia de giro  $a$  o por encima de una primera frecuencia de giro, para hacer avanzar líquido de manera centrífuga a través del primer canal de fluido (2) a la primera cámara de compresión (3) y la segunda cámara de compresión (5), para llenar la primera cámara de compresión (3) con el líquido, y para hacer avanzar líquido de la primera cámara de compresión (3) al segundo canal de fluido (4), para de ese modo encerrar y comprimir el medio compresible en la segunda cámara de compresión (5),
- 30
- en una segunda fase tras la primera fase, disminuir la frecuencia de giro por debajo de una segunda frecuencia de giro, a la que la fuerza ejercida sobre el líquido por el medio comprimido en la segunda cámara de compresión (5) prevalece sobre la fuerza centrífuga ejercida por el líquido, de modo que el medio compresible se expande y de ese modo se hace avanzar líquido de la segunda cámara de compresión (5) y el segundo canal de fluido (4) a la primera cámara de compresión (3), de la primera cámara de compresión (3) al canal de salida (1, 2) y a través del canal de salida (1, 2).
- 35
- 40
13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que la entrada (8) de fluido de la segunda cámara de compresión (5) está dispuesta radialmente más hacia fuera con respecto al centro (R) de rotación que la salida (7) de fluido de la primera cámara de compresión (3), siendo la segunda frecuencia de giro menor que la primera frecuencia de giro y que, en una fase intermedia entre la primera fase y la segunda fase, presenta un giro del módulo fluídico con una frecuencia de giro, que se encuentra entre la primera frecuencia de giro y la segunda frecuencia de giro, sin que se haga avanzar líquido del segundo canal de fluido (4) a la primera cámara de compresión (3).
- 45
14. Procedimiento según la reivindicación 12 o 13, que presenta un uso de un módulo fluídico, cuya entrada (8) de fluido está dispuesta radialmente más hacia fuera con respecto al centro (R) de rotación que la salida (7) de fluido de la primera cámara de compresión (3), empezando en la primera fase en el caso de una frecuencia de giro ascendente un llenado dinámico de la segunda cámara de compresión (5), en cuanto se supera una primera frecuencia de giro  $f_1$ , y comenzando en la segunda fase en el caso de una frecuencia de giro descendente un vaciado dinámico de la primera cámara de compresión (3), en cuanto se queda por debajo de una segunda frecuencia  $f_2$  de giro, siendo  $f_2 < f_1$ .
- 50
- 55

× R

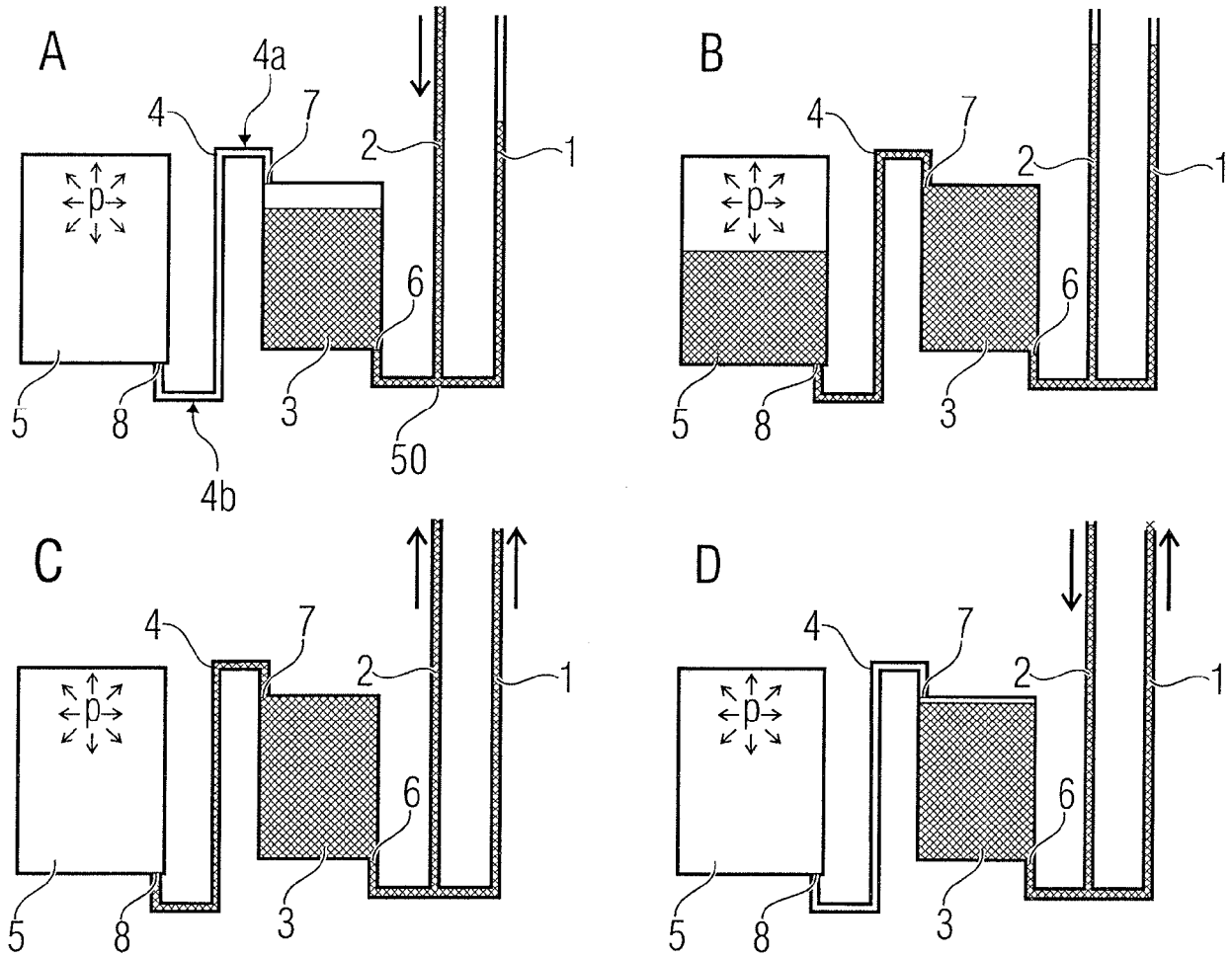


FIG 1

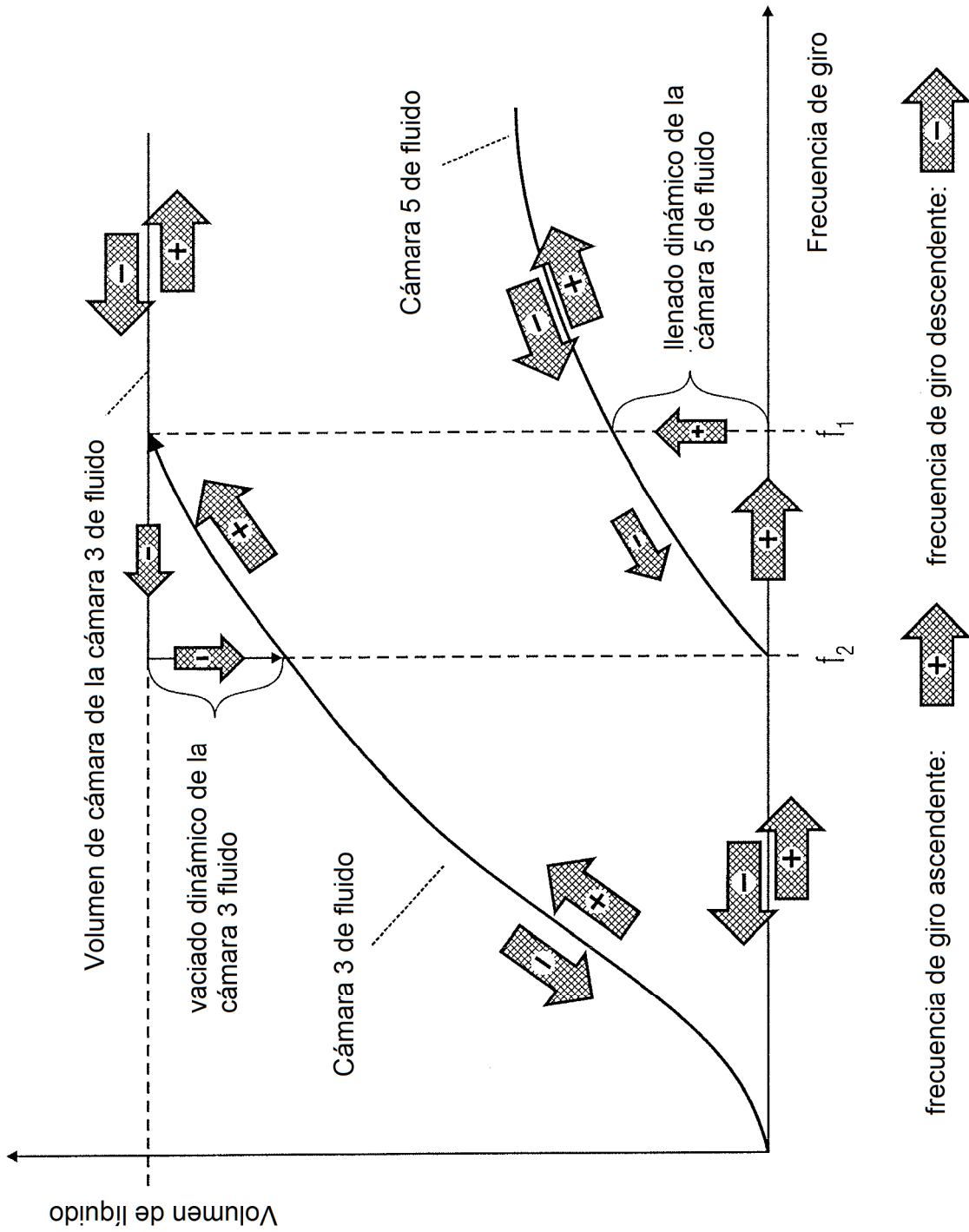


FIG 2

× R

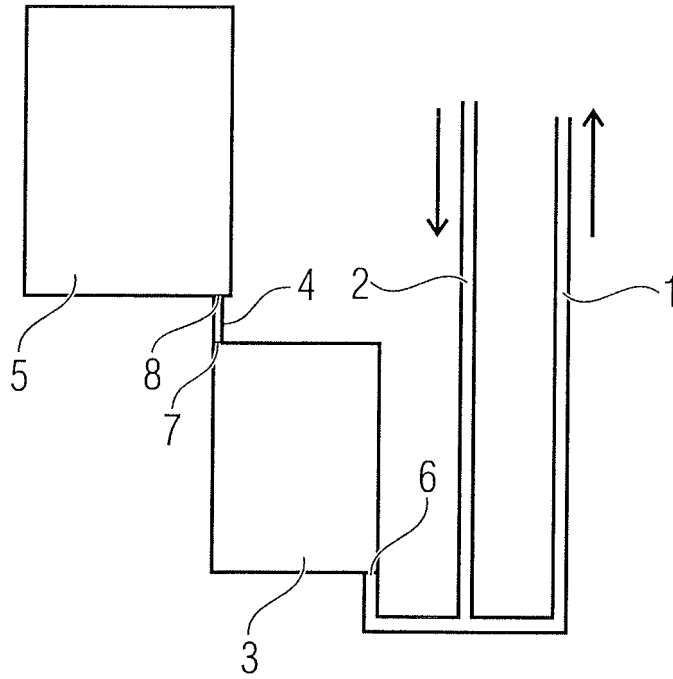


FIG 3

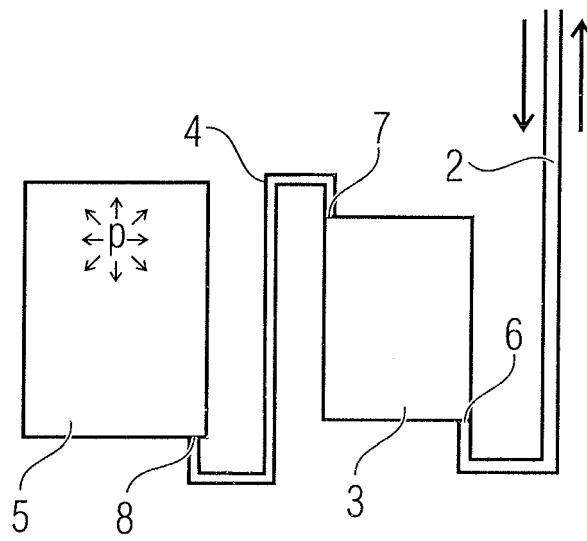


FIG 4



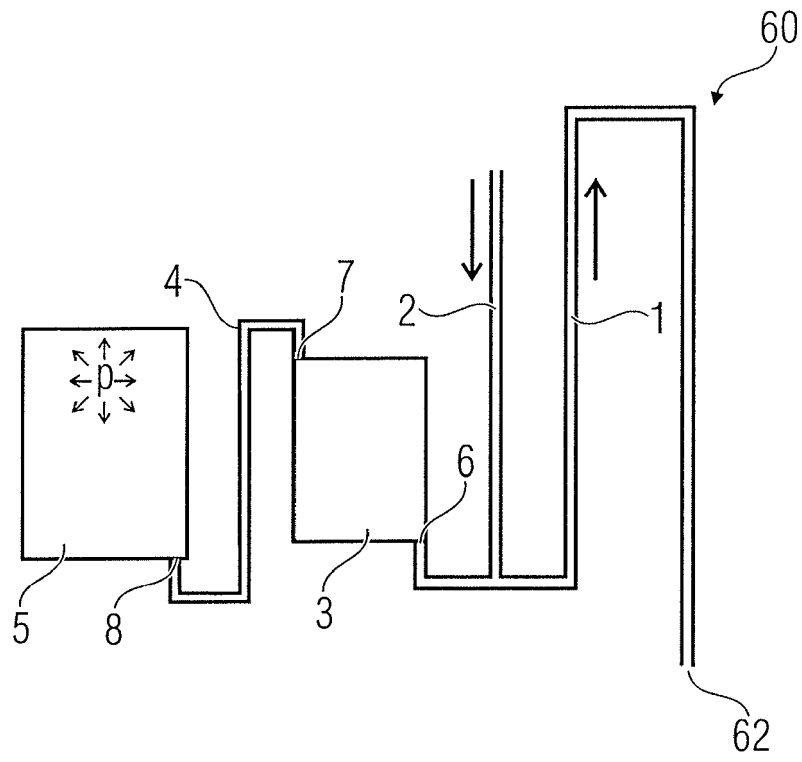


FIG 5

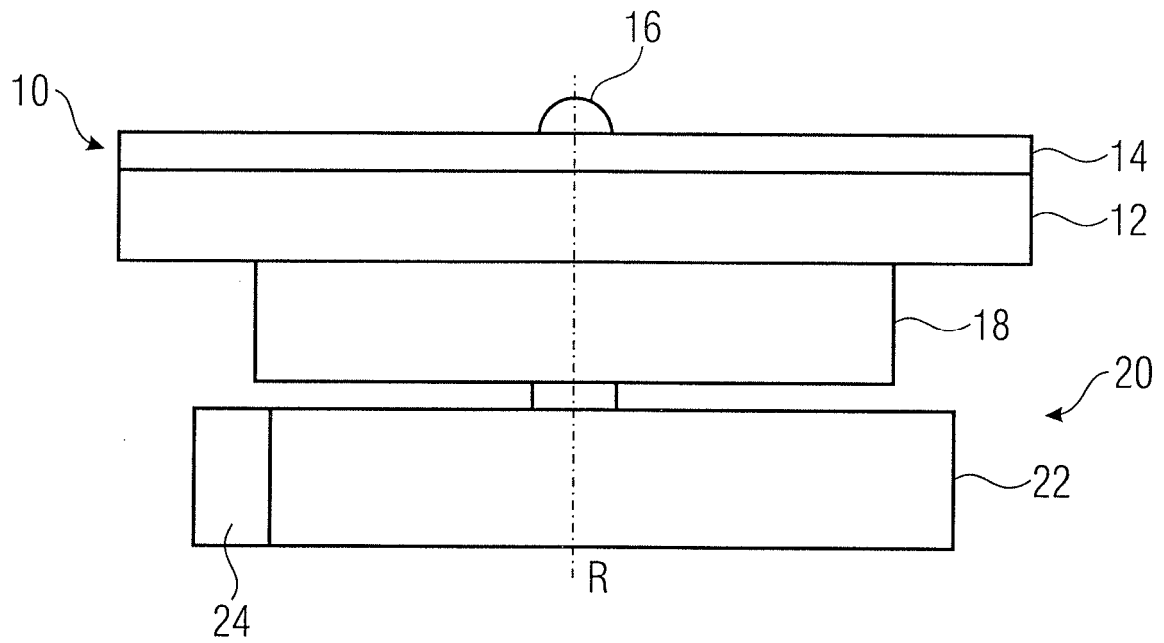


FIG 6

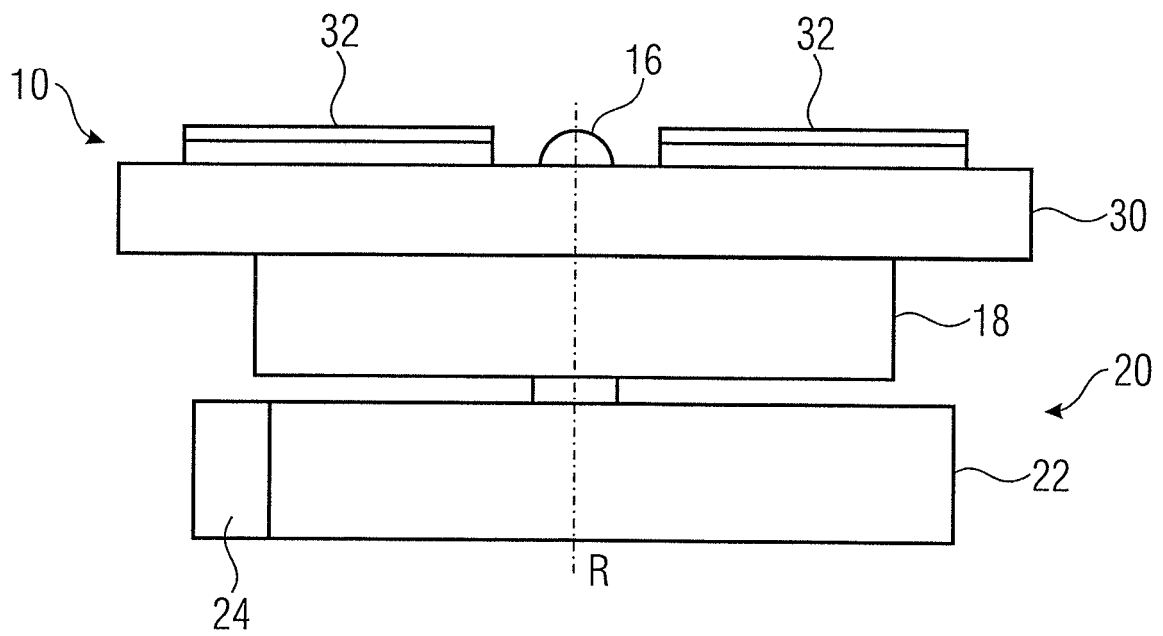


FIG 7