

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 737 887**

51 Int. Cl.:

B81B 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.03.2011 PCT/FR2011/050677**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2011 WO11121220**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2011 E 11719305 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2552823**

54 Título: **Procedimiento de formación de gotas en un circuito microfluídico**

30 Prioridad:

30.03.2010 FR 1001298

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

16.01.2020

73 Titular/es:

ECOLE POLYTECHNIQUE (50.0%)

9, Route de Saclay

91128 Palaiseau Cedex, FR y

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE -CNRS- (50.0%)**

72 Inventor/es:

BAROUD, CHARLES y

DANGLA, RÉMI

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 737 887 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

Procedimiento de formación de gotas en un circuito microfluídico

La presente invención se refiere a un procedimiento de formación de gotas en un circuito microfluídico, en particular microgotas y nanogotas, cuyo tamaño varía de algunos centenares de nanómetros a algunos centenares de micrones.

Las referidas gotas se utilizan en varios ámbitos técnicos. Para cada ámbito, los métodos de formación de gotas son diferentes.

Un primer ámbito técnico se refiere a las aplicaciones de laboratorio con chip u otras biotecnologías. En este ámbito, una primera aproximación consiste en utilizar un dispositivo que comprenda al menos un microcanal de circulación de un primer fluido, igualmente llamado fluido portador, en el cual desemboca perpendicularmente al menos un segundo microcanal de circulación de un segundo fluido, no miscible con el primer fluido. El primer fluido (generalmente aceite) corta el segundo fluido (generalmente agua para las aplicaciones biológicas) con el fin de formar gotas del segundo fluido que son seguidamente transportadas por el primer fluido. Los caudales de los dos fluidos y la geometría de los microcanales son ajustados con el fin de obtener un tamaño y una frecuencia deseadas de formación de gotas, que dependen también de las viscosidades de los dos fluidos.

Los dispositivos de este tipo comprenden necesariamente medios de forzado tales como una bomba, que permite hacer circular los dos fluidos. El tamaño de las gotas al ser función del caudal de cada fluido, es necesario ajustar con precisión los caudales de los fluidos, lo cual puede hacer delicada la utilización de estos dispositivos.

Por ejemplo, el documento US 2006/0051329 describe un dispositivo de encapsulación de gotas conteniendo células, que comprende un primer canal de entrada de un caudal del fluido que contiene las células, que presenta un ensanchamiento en la parte río abajo (ver figura 9), y un segundo canal de circulación de aceite que cruza perpendicularmente el primer canal, cortando el caudal de aceite el caudal de fluido que contiene las células con el fin de formar gotas. Un dispositivo similar es presentado en el documento «Controlled Microfluidic Encapsulation of Cells, Proteins, and Microbeads in Lipid Vesicles», YUNG-CHIEH TAN et al., Journal of the American Chemical Society, vol. 128, no. 17, 5 de Abril 2006, páginas 5656-5658.

El documento WO 2009/048532 presenta igualmente un dispositivo de formación de gotas que comprende un primer canal de suministro de gas, en el cual desembocan dos canales laterales opuestos de suministro de agua, con el fin de formar burbujas de gas rodeadas de agua, y otros dos canales laterales de suministro de aceite que permiten encapsular el conjunto. Las burbujas se forman por cizallamiento de un primer caudal de fluido (gas), con la ayuda de otro caudal de fluido (agua).

Otros dispositivos de formación de gotas por cizallamiento de un caudal de fluido son conocidos por los documentos WO 2010/033200, WO 2007/133710, «Holographic control of droplet microfluidics», CORDERO M-L et al., Proceedings of the SPIE, vol 7038, 10 de Agosto 2008, páginas 70381 J-1, «Electrically initiated upstream coalescence cascade of droplets in a microfluidic flow», MICHELE ZAGNONI et al., PHYSICAL REVIEW E., vol. 80, no. 4, Octubre 2009, páginas 046303-1 -046303-9, y «Thermocapillary manipulation of droplets using holographic beam shaping : Microfluidic pin bail», CORDERO M-L et al., APPLIED PHYSICS LETTERS, vol. 93, no. 3, 24 de Julio 2008, página 34107.

El documento US 2009/0098168 describe un dispositivo de formación de gotas que comprende un canal de suministro de un caudal de fluido que desemboca en una boquilla de expansión a través de un orificio. La boquilla comprende dos paredes divergentes y contiene un fluido distinto del que circula por el canal río arriba del orificio. Las gotas se forman debido al pinzamiento hidrodinámico en el orificio, mientras las paredes divergentes aseguran la uniformidad de la emulsión. El sistema fuerza una corriente central de una fase dispersada y dos corrientes tubulares laterales a través del orificio en una segunda cámara, con la convergencia de la circulación del entorno de líquido que sirve para fraccionar el hilo en el orificio.

Una segunda aproximación es la microfluídica llamada "digital", en la cual las gotas se forman típicamente por electromojado, aplicando para ello tensiones eléctricas diferentes en distintas partes de las gotas.

El tamaño de las gotas formadas con la ayuda de esta técnica es bastante superior a la de las nanogotas o de las microgotas. Esta técnica plantea además el problema de la contaminación entre gotas y de la evaporación de las gotas.

Por último, existen varias aproximaciones para producir gotas sobre demanda eyectando rápidamente líquido a través de una aguja o un orificio, con la ayuda de dispositivos similares a menudo a los sistemas de impresoras de chorro de tinta, que producen gotas que impactan una superficie con mucha energía y que generan salpicaduras. Estos dispositivos necesitan más medios técnicos costosos, como una fuente de alta tensión o motores de precisión.

Un segundo ámbito técnico se refiere a la ciencia de los materiales, en el cual varios acercamientos han sido desarrollados con el fin de producir espumas o emulsiones, y por consiguiente poblaciones de burbujas o de gotas. Las aplicaciones son diversas y se refieren particularmente a la industria alimenticia y a la industria cosmética.

- 5 Otros acercamientos consisten en encapsular gotas dentro de otras gotas. Por ejemplo, una gota de agua puede ser encapsulada dentro de una gota de aceite, que está así mismo contenida dentro del agua. Todos estos acercamientos necesitan la utilización de medios de forzamiento costosos y difíciles de utilizar.

Además, de un modo general, se trata de aumentar los caudales de gotas producidas, garantizando la obtención e gotas o de burbujas monodispersadas, es decir que presentan un tamaño constante y controlado.

La invención tiene particularmente por objeto aportar una solución simple, eficaz y económica a estos problemas.

- 10 A este respecto, la invención propone un procedimiento de formación de gotas de un segundo fluido dentro de un primer fluido según la reivindicación 1.

- 15 En este procedimiento, el segundo fluido es sometido, a nivel de la salida del microcanal en la cámara, de dos fuerzas antagonistas, debidas a la tensión superficial. Una primera fuerza es un gradiente de energía de superficie que se debe al cambio de la superficie de la gota cuando se forma la misma y que tiende a extraer el segundo fluido fuera del microcanal, con el fin de formar un "dedo" del segundo fluido que se proyecta en la cámara y conectado con el segundo fluido contenido en el microcanal, luego en formar una gota separando el dedo del segundo fluido contenido en el microcanal.

Una segunda fuerza que actúa en sentido contrario de la primera y correspondiente a la fuerza capilar, tiende a mantener el dedo del segundo fluido vinculado con el segundo fluido contenido en el microcanal.

- 20 El dedo anteriormente citado se libera del segundo fluido contenido en el microcanal cuando la primera fuerza se vuelve superior a la segunda fuerza. Ahora bien, la primera fuerza es particularmente función, para una geometría dada del microcanal y de la cámara, del volumen del dedo del segundo fluido. Así, en funcionamiento, el volumen del dedo aumentará progresivamente hasta que la primera fuerza se vuelva superior a la segunda fuerza y cuando el dedo se libere para formar una gota.

- 25 La gota es seguidamente transportada por el aumento de sección de la cámara, de río arriba a río abajo.

- 30 Se observa que no es necesario que los primero y segundo fluidos estén en circulación, siendo lo importante únicamente que el segundo fluido sea llevado hasta la salida del microcanal en la cámara. Por consiguiente, no es necesario prever medios de forzado de los diferentes fluidos. El transporte de las gotas del segundo fluido en la cámara resulta del aumento de la sección de paso. En efecto, una gota situada en una zona de poca sección, en la cual tiene una forma aplastada, será de forma natural atraída por una zona de mayor sección, en la cual puede tomar una forma más esférica.

- 35 Además, el tamaño de las gotas es sustancialmente independiente del caudal del segundo fluido. Se trata esencialmente de una función de la sección de suministro del segundo fluido a la entrada de la cámara y de la divergencia de las mencionadas paredes opuestas de la cámara, es decir, una función de parámetros geométricos fijados e invariables con el tiempo, siendo el tamaño de las gotas así calibrado con precisión.

El tamaño de las gotas no depende ya de la tensión de la superficie, pues la misma tensión superficial actúa a la vez para desprender las gotas y para retenerlas. De este modo, el tamaño de las gotas es independiente de la naturaleza exacta de los fluidos o de su eventual contaminación, y solo depende muy poco de la viscosidad de los fluidos.

- 40 Por último, el tamaño de las gotas tampoco está influenciado por la geometría de las paredes situadas a distancia de la salida del microcanal, de manera que diferentes formas de cámara pueden ser utilizadas.

La cámara utilizada tiene por ejemplo una sección sustancialmente rectangular cuya altura está comprendida entre las dos paredes opuestas divergentes y cuya longitud es grande con relación a la altura.

La longitud es así por ejemplo superior a 10 veces la altura.

- 45 Bien entendido, la cámara puede presentar otras formas. En particular, las paredes de la cámara pueden divergir en más de una dirección. A título de ejemplo, la cámara puede presentar una forma esférica u ovoide.

De forma preferida, la altura de la cámara a la salida del microcanal es inferior al diámetro de las gotas a formar.

En variante, una de las paredes de la cámara comprende un peldaño, una parte cóncava o una parte convexa a la salida del microcanal.

Estas variaciones de la geometría a la entrada de la cámara permiten controlar el tamaño o la velocidad de desplazamiento de las gotas. Es así como la presencia de un peldaño permite formar gotas más pequeñas, mientras que una parte cóncava permite disminuir la velocidad de desplazamiento de las gotas después de su formación y una parte convexa permite calibrar mejor el tamaño de las gotas.

5 En un primer modo de realización, el caudal del primer fluido en la cámara es sustancialmente nulo.

En una variante de realización, el caudal del primer fluido en la cámara está ajustado a un valor determinado.

La divergencia de las dos paredes opuestas de la cámara corresponde por ejemplo a una pendiente comprendida entre un 1 y un 4% aproximadamente de una pared con relación a la otra.

10 Bien entendido, estos valores solo se facilitan a título de ejemplo, y la inclinación puede tener un valor infinitesimal o un valor del 100 %, correspondiente a una pared vertical con relación a una pared horizontal.

Según otra característica de la invención, el procedimiento comprende una etapa de modificación local de la tensión de superficie del segundo fluido por medios de modificación local de la tensión de superficie del segundo fluido del dispositivo.

15 Esto permite particularmente ajustar el tamaño de las gotas producidas con relación al tamaño que tendrían sin modificación de la tensión de superficie.

En una realización de la invención, los medios de modificación de la tensión superficial del segundo fluido comprenden medios de calentamiento del segundo fluido, por ejemplo por un haz láser aplicado localmente o por electrodos integrados en el circuito microfluídico o utilizando otro medio de control de la temperatura.

20 Si se calienta la zona situada directamente río arriba de la salida del microcanal, la tensión superficial tendente a retener el segundo fluido en el microcanal disminuye y la fuerza necesaria para sacar una gota del segundo fluido fuera del microcanal es más pequeña. El calentamiento directamente río arriba de la salida tiende por consiguiente a hacer disminuir el tamaño de las gotas.

25 A la inversa, si se calienta la zona situada directamente río abajo de la salida del microcanal, la tensión superficial tendente a extraer el segundo fluido fuera del microcanal disminuye. El calentamiento directamente río abajo de la salida tiende por consiguiente a aumentar el tamaño de las gotas.

De forma general, el calentamiento produce los mismos efectos que el aumento de sección en la salida del microcanal, en lo que respecta a la formación de gotas y su desprendimiento.

30 Según otra característica de la invención, el dispositivo comprende varios microcanales que desembocan en la cámara. Los microcanales pueden contener fluidos independientes o formar ramificaciones procedentes de un mismo canal situado río arriba de los microcanales.

Según una primera variante, los microcanales son sustancialmente paralelos los unos a los otros y desembocan por un mismo lado de la cámara.

Según una segunda variante, la cámara tiene forma anular, estando los microcanales dispuestos en forma de estrella y desembocando en la periferia interna de la cámara.

35 Según una forma de realización de la invención, el dispositivo comprende un cuerpo realizado en dos partes, el microcanal y la cámara, comprendiendo cada uno una pared definida por una de estas dos partes y otra pared definida por la otra de estas dos partes.

De esta manera, es posible modificar las propiedades de las gotas (tamaño, velocidad,...) mediante simple cambio de una o de otra de las dos partes anteriormente citadas.

40 Esto permite igualmente disponer de un microcanal de altura reducida y por consiguiente formar gotas muy pequeñas (inferiores a 10 µm por ejemplo), con relación a un cuerpo monobloque.

La invención se comprenderá mejor y otros detalles, características y ventajas de la invención aparecerán con la lectura de la descripción siguiente realizada a título de ejemplo no limitativo en referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

45 - la figura 1 es una vista en sección longitudinal del dispositivo según la invención;
- la figura 2 es una vista en sección transversal de este dispositivo en la cual las gotas formadas no están representadas;

- la figura 3 es un diagrama que representa el tamaño de las gotas producidas en función del caudal del segundo fluido;
- las figuras 4 a 6 son vistas esquemáticas en sección transversal del dispositivo, que ilustra tres variantes de realización de la invención;
- 5 - la figura 7 es una vista correspondiente a la figura 2, de un dispositivo en dos partes;
- la figura 8 es una vista en sección longitudinal del dispositivo, según una variante de realización de la invención;
- la figura 9 es una vista esquemática de una variante de realización en la cual varios microcanales dispuestos en paralelo desembocan en la cámara;
- 10 - la figura 10 es una vista esquemática de otra variante de realización en la cual los microcanales forman ramificaciones que desembocan en la cámara;
- la figura 11 es una vista esquemática de otra variante de realización en la cual la cámara es anular, estando los microcanales dispuestos en forma de estrella.

15 Las figuras 1 y 2 representan un dispositivo de formación de gotas 1 en un circuito microfluido, que comprende un cuerpo 2 en el cual está prevista una cámara 3 delimitada por dos paredes laterales 4 paralelas y opuestas y por dos paredes longitudinales opuestas 10, 11. La anchura L de la cámara 3, es decir la distancia entre las dos paredes laterales 4 es del orden de los 2 mm por ejemplo. La cámara 3 comprende además una pared de fondo 5 en forma de punta 6 dirigida hacia un extremo opuesto 7 de la cámara 3.

20 El cuerpo 2 comprende además un microcanal 8 del cual un extremo está conectado con un orificio de conexión 9, particularmente para la conexión de una jeringa o de una pipeta, y cuyo otro extremo desemboca en la cámara 3 a nivel de la punta 6 de la pared de fondo 5.

25 La pared longitudinal inferior 10 de la cámara es una pared plana y la pared longitudinal superior 11 presenta una parte oblicua 12 que se separa progresivamente de la pared longitudinal inferior 10 en dirección al extremo opuesto 7 de la cámara 3. La divergencia de las dos paredes opuestas 10, 11 de la cámara 3 corresponde por ejemplo a una pendiente comprendida entre un 1 y un 4% aproximadamente de una pared con relación a la otra.

De esta manera, la sección de la cámara 3 aumenta progresivamente desde la zona en la cual desemboca el microcanal 8 al extremo opuesto 7. La altura mínima h1 de la cámara 3, es decir la altura de la cámara 3 a nivel de la salida 13 del microcanal 8, es del orden de 10 a 100 μm , y la altura máxima h2 de la cámara 3, es decir la altura de la cámara 3 a nivel de su extremo abierto 7, es del orden de 20 a 1000 μm .

30 Se pueden asociar con este dispositivo 1 medios para modificar localmente la tensión superficial del segundo fluido, comprendiendo medios de calentamiento del segundo fluido, por ejemplo mediante electrodos integrados en el microcircuito o utilizando un control externo de la temperatura. La tensión superficial disminuye de forma lineal con la temperatura de forma que se puede para una superficie fija cambiar la energía superficial (igual al producto del área total por la tensión superficial) mediante calentamiento por electrodos, con el fin de producir los mismos efectos que el aumento de sección a la salida del microcanal 8, con un gradiente decreciente de temperatura en esta salida.

Una variante de realización de la invención está representada en la figura 9. En esta, la cámara 3 presenta una forma rectangular, y está conectada con varios microcanales 8 sustancialmente paralelos que desembocan por un mismo lado de la cámara 3.

40 Otra variante se ilustra en la figura 10, en la cual el dispositivo comprende una red de microcanales 8 que comprenden ramificaciones, procediendo cada ramificación de un mismo canal de origen, situado río arriba. Las diferentes ramificaciones desembocan por un mismo lado de la cámara 3.

Una última variante se puede apreciar en la figura 11. En esta variante, la cámara 3 presenta una forma anular y el dispositivo comprende varios microcanales 8 dispuestos en forma de estrella, extendiéndose radialmente desde una misma fuente 15 hasta desembocar en la periferia interna de la cámara 3.

45 Estas variantes de realización permiten formar simultáneamente varias corrientes de gotas en el interior de una misma cámara. Esto resulta particularmente útil cuando se busca producir poblaciones de gotas, conteniendo por ejemplo diferentes ingredientes. En función de las necesidades, las gotas así formadas pueden ser manipuladas o extraídas del dispositivo en forma de espuma o de emulsión.

El funcionamiento de este dispositivo de formación de gotas se detallará a continuación.

50 La cámara 3 se llena de un primer fluido, por ejemplo de aceite. Se conecta entonces una jeringa que contiene un segundo fluido, por ejemplo agua, con el orificio de conexión 9 y luego se inyecta agua en el microcanal 8 hasta que esta alcance la salida 13 del microcanal 8.

Como se ha indicado anteriormente, el agua situada a nivel de la salida 13 del microcanal 8 se somete a dos fuerzas antagonistas debidas a la tensión superficial. Una primera fuerza se debe a un gradiente de energía superficial que

tiende a extraer el agua fuera del microcanal 8, formando un dedo 14a que sobresale en la cámara 3 y es aplicado al agua contenida en el microcanal 8.

Una segunda fuerza, opuesta a la primera y correspondiente a la fuerza capilar, tiende a mantener el dedo 14a aplicado al agua contenida en el microcanal 8.

- 5 El dedo 14a se suelta cuando la primera fuerza se vuelve superior a la segunda fuerza. Esta primera fuerza es función, para una geometría dada del microcanal 8 y de la cámara 3, del volumen del dedo 14a. Así, en funcionamiento, el volumen del dedo 14a aumenta progresivamente, hasta que la primera fuerza se vuelve superior a la segunda fuerza y el dedo se suelta para formar una gota 14b.

- 10 Las dimensiones del microcanal 8 y el ensanchamiento de la sección de la cámara 3 se calculan con el fin de obtener una gota 14 de un tamaño determinado. En particular, la altura h_1 de la cámara 3 a la salida del microcanal debe ser inferior al diámetro de las gotas 14 a formar.

Las gotas de agua 14b son así sucesivamente formadas en la cámara, con la condición de que el agua sea llevada a la salida 13 del microcanal 8.

En función de las necesidades, un caudal de aceite puede imponerse en la cámara 3.

- 15 Las gotas 14b formadas a nivel de la salida 13 del microcanal 8 son transportadas de forma natural en dirección al extremo opuesto 7 de la cámara 3, debido al ensanchamiento de su sección de paso en la cámara. En efecto, como se ha visto más arriba, una gota 14b situada en una zona de poca sección, en la cual la misma toma una forma aplastada, será de forma natural atraída por una zona de mayor sección, en la cual puede tomar una forma más esférica y por consiguiente menos tensa. Como se puede apreciar en la figura 1, las gotas 14b próximas a la punta 6
20 presentan un diámetro aparente d_1 más grande que el d_2 de las gotas 14b próximas al segundo extremo 7, debido a su aplastamiento entre las paredes 10 y 12.

- La figura 3 es un gráfico que representa la variación del diámetro de las gotas 14b, medido en una posición dada, en función del caudal de agua que llega por el microcanal 8. Se observa que esta variación es casi nula incluso para una gran variación del caudal aplicado, lo cual muestra que la invención permite obtener gotas 14 de tamaño
25 calibrado, sean cuales fueren las condiciones operativas, simplificando así la utilización de dicho dispositivo de formación de gotas. En el ejemplo representado en la figura 3, el tamaño de las gotas 14b es del orden de algunas centenas de micrómetros pero una reducción de las dimensiones de este dispositivo 1 permitiría igualmente obtener gota 14 de un tamaño de algunas centenas de nanómetros, sin modificación sensible de su funcionamiento.

- 30 El funcionamiento del dispositivo es particularmente independiente de la naturaleza de los fluidos (gas o líquido) y del valor de la tensión superficial.

- Según una variante de realización representada en la figura 4, la salida 13 del microcanal 8 en la cámara 3 comprende un peldaño 16, es decir un ensanchamiento brusco de la sección del microcanal. Este peldaño 16 está formado en la pared superior 11. Esta última comprende así una parte 16 perpendicular al microcanal y que forma el peldaño, prolongado por una parte oblicua 12, que forma, de la misma manera que anteriormente, un ángulo con la
35 pared inferior 10. Un peldaño 16 de este tipo puede ser utilizado para formar gotas más pequeñas, para una pendiente dada.

La figura 5 ilustra otra variante de realización en la cual el peldaño ha sido sustituido por una zona de conexión cóncava 17 de la pared superior 11, que conecta la salida 13 del microcanal 8 con la parte oblicua 12.

- 40 Esto permite formar gotas o burbujas cuya velocidad de desplazamiento será inferior a la de las gotas o de las burbujas formadas con el dispositivo de la figura 2.

La figura 6 ilustra todavía otra variante de realización en la cual la zona de conexión 18 de la pared superior 11 es convexa. Eso permite formar gotas de tamaño mejor calibrado.

- La figura 7 representa una forma de realización de la invención similar a la de la figura 2 y en la cual el cuerpo 2 está realizado en dos partes, respectivamente una parte superior 2a y una parte inferior 2b. La parte oblicua 12 de la
45 pared superior 11 de la cámara 3 es realizada en la parte superior 2a, por ejemplo mediante fresado o por cualquier otro procedimiento adaptado. La parte inferior 2b comprende los microcanales 8, realizados por ejemplo por fotolitografía, por formación plástica o por cualquier otro procedimiento adaptado.

De esta manera, es posible modificar las propiedades de las gotas (tamaño, velocidad,...) mediante simple cambio de una o de otra de las partes 2a, 2b.

- 50 Esto permite igualmente disponer de un microcanal de altura reducida y por consiguiente formar gotas muy pequeñas (inferiores a 10 μm por ejemplo), con relación a un cuerpo monobloque.

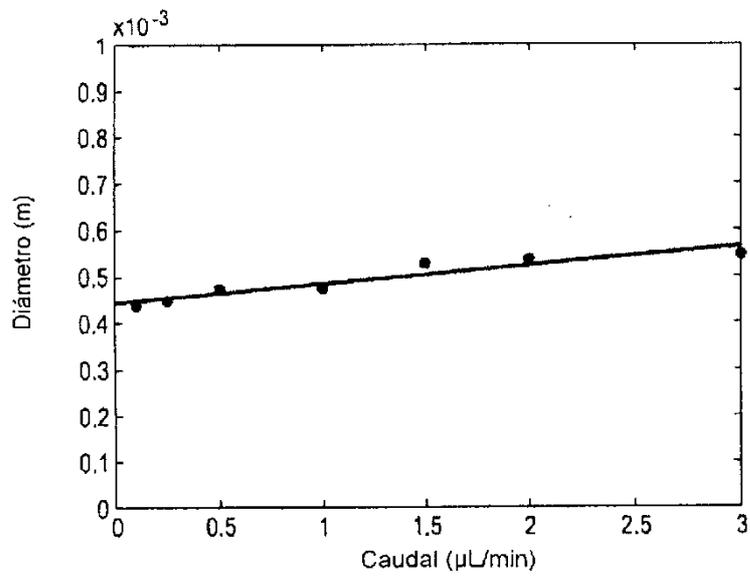
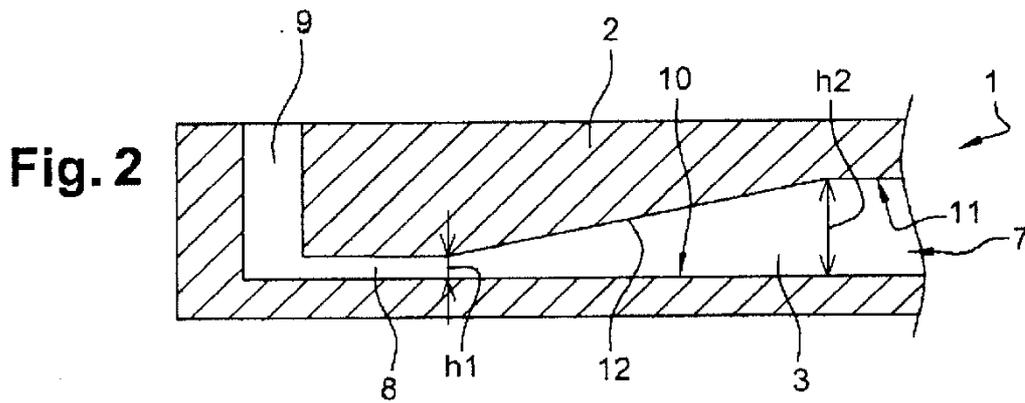
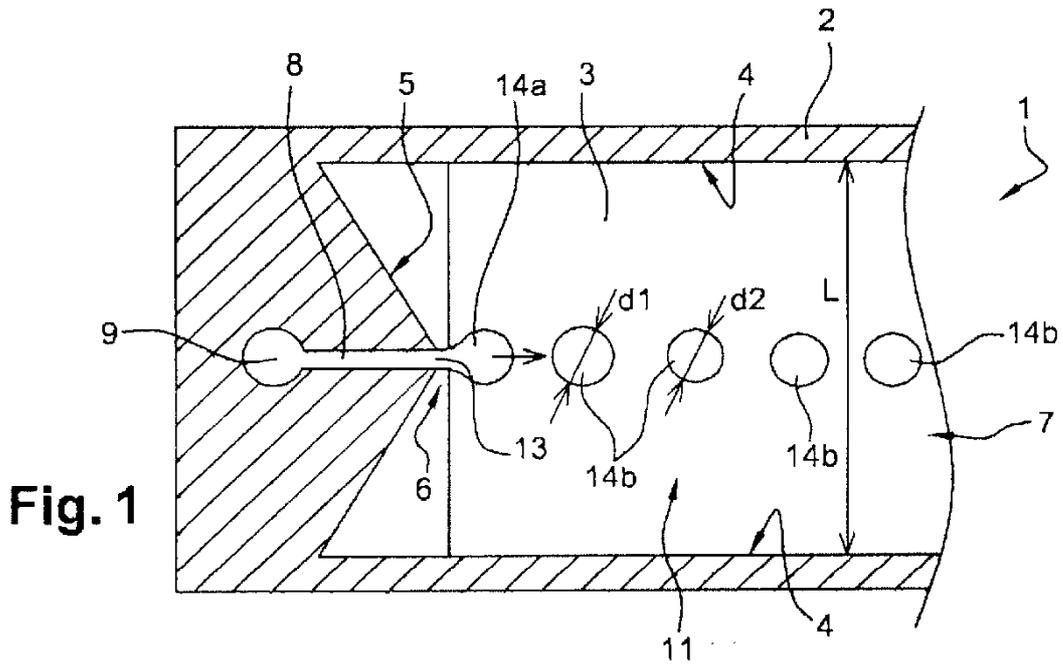
Los materiales utilizados para las partes 2a y 2b pueden ser diferentes o no. Además, las dos partes 2a, 2b pueden ser pegadas juntas, de forma indismontable, para formar un dispositivo que produzca gotas del mismo tamaño. Las mismas pueden al contrario ser fijadas una a la otra de forma amovible, con el fin de poder cambiar el tamaño de las gotas por sustitución de una u otra de las partes.

- 5 La figura 8 ilustra una forma de realización en la cual el microcanal comprende una zona de anchura más pequeña 19 es decir un estrangulamiento. En variante, esta zona podría ser un ensanchamiento localizado (no representado). De esta manera, la gota 14 se desprende del resto del fluido contenido en el microcanal 8, de forma selectiva y controlada, a nivel del estrangulamiento o del ensanchamiento, lo cual permite controlar mejor el tamaño de las gotas producidas.

10

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de formación de gotas (14) de un segundo fluido en un primer fluido con la ayuda de un dispositivo (1) de formación de gotas (14) en un circuito microfluido, comprendiendo el dispositivo una cámara (3) que contiene el primer fluido y delimitada por dos paredes opuestas (10, 11) que divergen una con relación a la otra en al menos una dirección dada, y un microcanal (8) que contiene el segundo fluido y que desemboca en la mencionada cámara (3) río arriba de la cámara con relación a la dirección dada, comprendiendo la salida (13) del microcanal (8) en la cámara (3) un aumento de la sección de paso del segundo fluido, comprendiendo el procedimiento una etapa que consiste en llevar el segundo fluido hasta la salida (13) del microcanal (8) en la cámara (3), provocando el aumento de la sección de paso del segundo fluido a la salida (13) del microcanal (8) en la cámara (3) la formación de gotas (14) del segundo fluido y su desprendimiento del segundo fluido contenido en el microcanal, independientemente del caudal del primer fluido y/o del segundo fluido.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la altura (h1) de la cámara (3) en la salida (13) del microcanal (8) es inferior al diámetro de las gotas (14) formadas.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que una de las paredes (10, 11) de la cámara comprende un peldaño (16), una parte cóncava (17) o una parte convexa (18) en la salida (13) del microcanal (8).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el caudal del primer fluido en la cámara es nulo.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende una etapa de regulación a un valor predeterminado del caudal del primer fluido en la cámara (3).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la divergencia de las dos paredes opuestas (10, 11) de la cámara (3) corresponde a una pendiente comprendida entre un 1 y un 4% de una pared con relación a la otra.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende una etapa de modificación local de la tensión de superficie del segundo fluido por medios de modificación local de la tensión superficial del segundo fluido del dispositivo.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por que los medios de modificación de la tensión de superficie del segundo fluido comprenden medios de calentamiento del segundo fluido, por ejemplo por un haz láser aplicado localmente o por electrodos integrados en el circuito microfluido.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que el dispositivo comprende varios microcanales (8) que desembocan en la cámara.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que los microcanales (8) son paralelos los unos a los otros y desembocan por un mismo lado de la cámara (3).
11. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado por que la cámara (3) es de forma anular, estando los microcanales (8) dispuestos en forma de estrella y desembocando en la periferia interna de la cámara (3).
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que el dispositivo comprende un cuerpo (2) realizado en dos partes (2a, 2b), comprendiendo el microcanal (8) y la cámara (3) cada uno una pared definida por una de las partes (2a) y otra pared definida por la otra parte (2b).



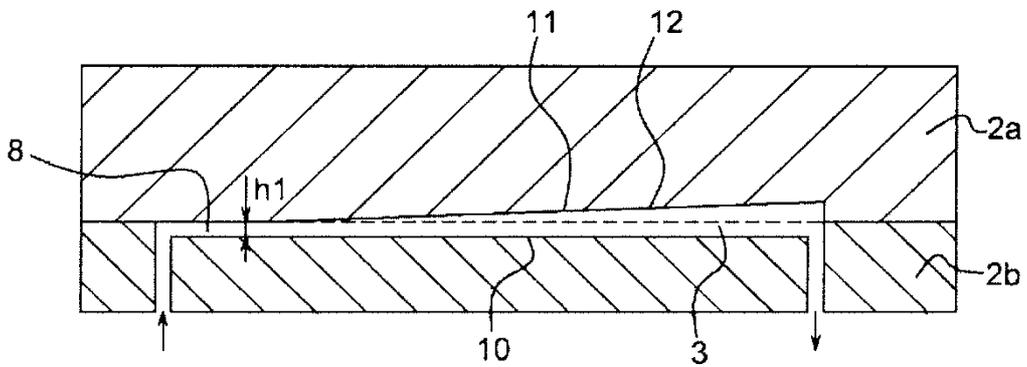
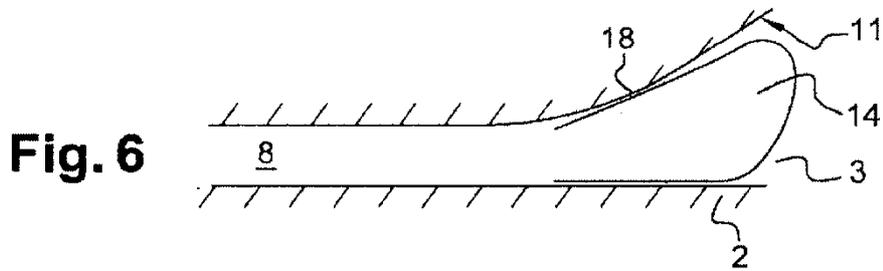
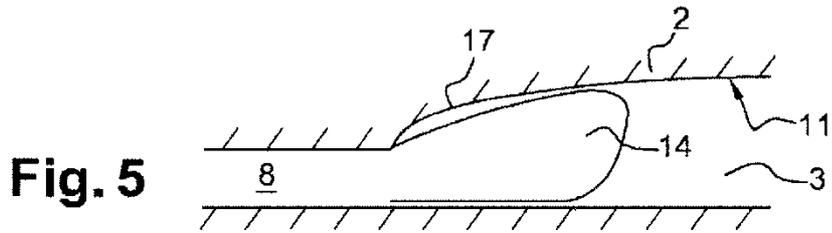
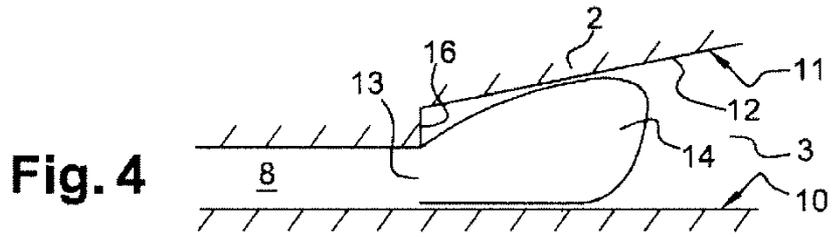


Fig. 7

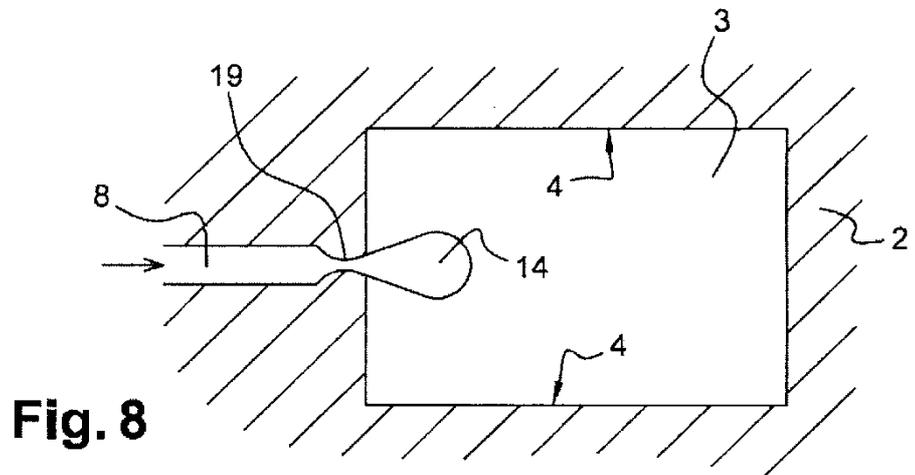


Fig. 8

