

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
11 de Diciembre de 2008 (11.12.2008)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2008/148917 A2

(51) Clasificación Internacional de Patentes: Sin clasificar

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2008/000413

(22) Fecha de presentación internacional:
5 de Junio de 2008 (05.06.2008)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P200701626 6 de Junio de 2007 (06.06.2007) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
UNIVERSIDAD DE SEVILLA [ES/ES]; OTRI-Universidad de Sevilla, Pabellón de Brasil, Paseo de las Delicias s/n, E-41013 Sevilla (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **LUQUE ESTEPA, Antonio** [ES/ES]; Dpto. Ingeniería Electrónica, E.T.S. Ingenieros Industriales, Camino de los Descubrimientos s/n, E-41092 Sevilla (ES). **QUERO REBOUL, José Manuel** [ES/ES]; Dpto. Ingeniería Electrónica, E.T.S. Ingenieros Industriales, Camino de los Descubrimientos s/n, E-41013 Sevilla (ES). **PERDIGONES SÁNCHEZ, Francisco Antonio** [ES/ES]; Dpto. Ingeniería Aeroespacial, y mecánica de Fluidos, E.T.S. Ingenieros Industriales,

Camino de los Descubrimientos s/n, E-41092 Sevilla (ES). **GAÑÁN CALVO, Alfonso Miguel** [ES/ES]; Dpto. Ingeniería Aeroespacial, y Mecánica de Fluidos, E.T.S. Ingenieros Industriales, Camino de los Descubrimientos s/n, E-41092 Sevilla (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: PRODUCTION METHOD FOR A MICROMETRIC FLUID FOCUSING DEVICE

(54) Título: MÉTODO DE FABRICACIÓN PARA DISPOSITIVO ENFOCADOR DE FLUIDO A ESCALA MICROMÉTRICA

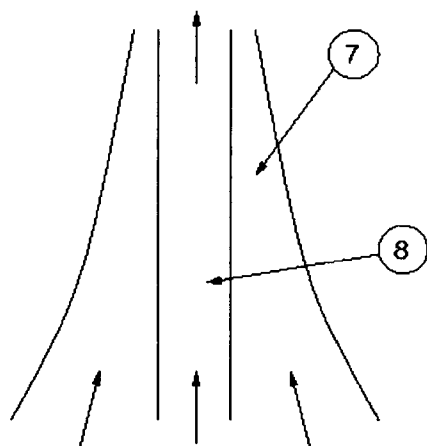


Figura 1

(57) Abstract: The invention relates to a production method for a device intended to disperse or "focus" a fluid in a precise, controlled manner at a micrometer scale, using the flow focusing technique and devices produced in accordance with said method. According to the invention, the method enables the simple production of a device that can produce coaxial flows of fluids (three-dimensional encapsulation). The production process, which is based on standard techniques used in microsystem technology (microelectromechanical systems or MEMS), enables the low-cost mass production of dispersion devices having micrometer precision and a very reduced size. The device produced can be easily built into two-dimensional matrices and coaxial flows can be created in the direction perpendicular to the matrix

(57) Resumen: El objeto de la presente invención es un procedimiento de fabricación para un dispositivo destinado a la dispersión de un fluido, llamado enfocado, en otro u otros, llamados enfocantes, de manera precisa y controlada a una escala micrométrica mediante la técnica conocida como "flow focusing" y dispositivos fabricados según ese procedimiento. El método objeto de la presente invención permite de forma sencilla la fabricación de un dispositivo capaz de producir corrientes coaxiales de fluidos (encapsulación tridimensional). El proceso de fabricación, basado en técnicas estándar en tecnología de microistemas (sistemas microelectromecánicos o MEMS, Micro Electro Mechanical Systems), permite la producción masiva de los dispositivos de dispersión con una precisión micrométrica, a bajo coste, y con un tamaño muy reducido. El dispositivo fabricado puede ser fácilmente integrado en matrices bidimensionales, pudiéndose crear flujos coaxiales en la dirección perpendicular a la matriz de dispositivos.

mecánicos o MEMS, Micro Electro Mechanical Systems), permite la producción masiva de los dispositivos de dispersión con una precisión micrométrica, a bajo coste, y con un tamaño muy reducido. El dispositivo fabricado puede ser fácilmente integrado en matrices bidimensionales, pudiéndose crear flujos coaxiales en la dirección perpendicular a la matriz de dispositivos.



Publicada:

- *sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe*

TÍTULO**MÉTODO DE FABRICACIÓN PARA DISPOSITIVO ENFOCADOR DE FLUIDO A ESCALA MICROMÉTRICA**

5

OBJETO DE LA INVENCION

10 El objeto de la presente invención es un procedimiento de fabricación para un dispositivo destinado a la dispersión de un fluido, llamado enfocado, en otro u otros, llamados enfocantes, de manera precisa y controlada a una escala micrométrica mediante la técnica conocida como "flow focusing" y dispositivos fabricados según ese procedimiento

15 El método objeto de la presente invención permite de forma sencilla la fabricación de un dispositivo capaz de producir corrientes coaxiales de fluidos (encapsulación tridimensional). El proceso de fabricación, basado en técnicas estándar en tecnología de microsistemas (sistemas microelectromecánicos o MEMS, Micro Electro Mechanical Systems), permite la producción masiva de los dispositivos de dispersión con una precisión micrométrica, a bajo coste, y con un tamaño muy reducido.

20

El dispositivo fabricado puede ser fácilmente integrado en matrices bidimensionales, pudiéndose crear flujos coaxiales en la dirección perpendicular a la matriz de dispositivos.

25 ESTADO DE LA TÉCNICA

La técnica conocida como Flow-Focusing, o enfocamiento de fluido, es un método mecánico para la producción de chorros de muy pequeño diámetro. Según la forma de aplicación del método, puede conseguirse un chorro estable, o puede forzarse a éste a romperse en microgotas de tamaño controlado. La técnica se basa en envolver el chorro de líquido con otro fluido inmiscible con el primero, de manera que éste fluye coaxialmente con dicho fluido inmiscible (o enfocante). También es posible utilizar un líquido como fluido envolvente y que el fluido enfocado sea un gas.

35 Las principales aplicaciones de la encapsulación de fluido son las siguientes:

1. Generación de aerosoles. Mediante la dispersión de un líquido dentro del aire es posible generar gotas con tamaños muy controlados y homogéneos. Los diámetros de

las gotas generadas pueden variar entre los cientos de micras y las decenas de nanómetros.

5 2. Generación de burbujas. Si el fluido enfocado es un gas y el fluido enfocante un líquido, entonces se generan burbujas, cuyo tamaño es perfectamente uniforme y puede ser controlado.

10 3. Generación de espumas y emulsiones. Mediante la aplicación de los dos métodos descritos en los epígrafes anteriores, es posible la producción altamente eficiente de emulsiones y espumas.

15 4. Producción de partículas complejas. Si se aplica la técnica de chorros coaxiales de fluidos inmiscibles dos o más veces sucesivamente, y se provoca su rotura en gotas, puede lograrse la producción de gotas de fluido que contengan en su interior otras gotas. Estas partículas encuentran aplicación en la dispensación de medicamentos, cuyo principio activo estaría en el interior, y se encontraría rodeado de un material protector que se disolvería, liberando dicho principio activo de manera controlada.

20 6. Análisis de partículas. Un analizador de partículas es capaz de medir las propiedades espectro-fotométricas de las partículas que circulan. Para conseguir un flujo lineal de partículas, es habitual forzar el fluido que las contiene a fluir rodeado por otra corriente coaxial. De esta forma se consigue un chorro altamente estable y de dimensiones predeterminadas.

25 7. Citometría de flujo. En el caso de que las partículas analizadas según el método descrito en el epígrafe anterior sean células de un organismo animal o vegetal, la técnica se denomina citometría de flujo.

30 Existen varias técnicas y dispositivos conocidos para el enfocamiento bidimensional de fluidos (ver, por ejemplo, la patente US20040043506, inventores Haussecker y Sundarajan). Las técnicas de fabricación habitualmente empleadas para estos dispositivos permiten realizar agrupaciones lineales de los mismos, pero hacen extremadamente difícil realizar una matriz bidimensional de dispositivos.

35 También se han diseñado previamente dispositivos y sus procesos de fabricación correspondientes para lograr una encapsulación tridimensional de fluidos (ver Sundarajan *et al.*, IEEE J. Microelectromech. Syst., vol. 13, no. 4, pp. 559-567). Hasta ahora, los procesos de fabricación y los materiales utilizados para estos dispositivos no permiten la agrupación de varios formando una matriz bidimensional.

La integración de los dispositivos de encapsulación de fluido en matrices ofrece la ventaja de permitir una mayor producción en la unidad de tiempo, aumentando la eficiencia del sistema global.

5

Otros procesos de fabricación para dispositivos de encapsulación integrables en matrices han sido publicados previamente (por ejemplo, patente ES2199048, inventor Gañán-Calvo), pero son complejos y el nivel de integración que se alcanza es pequeño, dada la dificultad de mecanizar a pequeña escala los materiales en los que se basan, principalmente metales.

10

El alto número de patentes y publicaciones científicas orientadas a la consecución de un dispositivo de enfocamiento de flujo que se pueda fabricar fácilmente a pequeña escala y sea integrable en matrices demuestra la utilidad de dicho dispositivo.

15

En cuanto a los procesos de fabricación de dispositivos micrométricos, éstos se clasifican en mecanizado, grabado y moldeado. Las técnicas de mecanizado tradicional no suelen ser adecuadas para la construcción de un dispositivo como el descrito, ya que carecen de la precisión necesaria, y además no poseen la economía de escala necesaria para fabricar grandes cantidades a bajo coste. Los procesos de moldeado se utilizan para fabricar dispositivos de geometría compleja usando materiales moldeables, pero actualmente no son tan ampliamente usados para fabricar microsistemas como los procesos de grabado. Los procesos de grabado, que se utilizan en el método de fabricación objeto de la presente invención, evolucionan de las técnicas de fabricación de circuitos integrados en microelectrónica, y están basadas en reacciones químicas que eliminan material de un sustrato. Pueden clasificarse en grabado en superficie o en volumen, según sea la geometría del material a grabar. A su vez, las técnicas de grabado en volumen se dividen en grabado húmedo (cuando el reactivo que elimina el material se encuentra en fase líquida) y grabado seco (cuando está en cualquier otra fase, normalmente gaseosa).

20

25

30

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El método de fabricación que se describe está destinado a la fabricación de un dispositivo que posea dos entradas de fluido y una única salida, por la que saldrán al exterior ambos fluidos de entrada. La configuración geométrica interna posibilita la realización de la técnica conocida como "flow-focusing", en la que uno de los fluidos, llamado enfocante, rodea completamente al otro fluido, llamado enfocado, de manera que éste es arrastrado concéntricamente por el enfocante en forma de un micro-chorro

35

capilar o de gotas microscópicas, siendo el tamaño de éstas determinado por las condiciones de flujo (caudal) de ambos fluidos enfocante y enfocado.

5 Este dispositivo tiene usos en sectores de la técnica como la industria farmacéutica (encapsulación de fármacos), la ciencia e ingeniería de materiales, la industria alimentaria, la industria química, la biotecnología, y la instrumentación científica.

10 Algunas de las aplicaciones del dispositivo son la generación de microsprays, microgotas, y espumas, así como la creación de partículas complejas, y el análisis de partículas o células.

Las ventajas que presenta el método objeto de la presente invención respecto a otras invenciones previas son:

15 - Permite de forma sencilla la fabricación de un dispositivo capaz de producir corrientes coaxiales de fluidos (enfocado tridimensional), lo que otros métodos desarrollados anteriormente no son capaces de realizar.

20 - El proceso de fabricación, basado en técnicas estándar en tecnología de microsistemas, permite la producción masiva de los dispositivos de dispersión con un bajo coste, y con un tamaño muy reducido (estando las dimensiones en el orden de las micras).

25 - El dispositivo fabricado puede ser fácilmente integrado en matrices bidimensionales, pudiéndose además crear flujos coaxiales en la dirección perpendicular a la matriz de dispositivos.

30 El dispositivo objeto de la invención consiste en dos obleas que han sido mecanizadas y unidas para la encapsulación de fluidos, como se muestra en la figura 2. En la oblea (1) hay un taladro (4) por donde asciende el fluido enfocado. El fluido enfocante es aportado a través del conducto (6) hasta alcanzar la estructura cilíndrica (5) encargada de conducir el fluido enfocado. Esta geometría garantiza la encapsulación del fluido enfocado por parte del fluido enfocante. Ambos fluidos salen por el orificio (3) de descarga de la oblea (2) superior.

35

El proceso de fabricación de la invención es el siguiente (ver figura 5):

1. Se realiza un grabado en una oblea de silicio (oblea #1) mediante un reactor RIE (Reactive Ion Etching), para realizar canales de reparto del fluido enfocante. El

grabado se realiza partiendo de una cara A de la oblea. Para definir la forma a grabar se realiza primero una etapa de fotolitografía sobre la misma cara A, usando una máscara que contiene la forma de los canales, y mediante la que se protegen las zonas que no se desean grabar.

- 5 2. Usando la misma máscara que en el paso 1, se realiza fotolitografía sobre la cara B de la oblea #1, y se graban las zonas no protegidas, creando una imagen especular de los canales existentes en la cara B, con una profundidad menor. Esta imagen se utilizará posteriormente para la alineación entre máscaras en otras etapas de fotolitografía.
- 10 3. Desde la cara B de la oblea #1 se vuelve a realizar otra etapa de fotolitografía, alineando la máscara con la copia de los canales realizada en el paso 2, y posteriormente se graba la oblea en todo su espesor usando RIE. De esta forma se crea el paso necesario para el fluido enfocado.
- 15 4. En una oblea #2 se realiza un grabado RIE desde su cara B, definiendo previamente la forma mediante fotolitografía. La profundidad de este grabado determina la separación entre el extremo superior de la superficie cilíndrica (5) y la oblea superior (2).
- 20 5. Las dos obleas se unen mediante un proceso físico o químico de unión hermética, por ejemplo unión por fusión de silicio, o unión anódica.
- 25 6. En la oblea #2 se define una zona en su cara superior mediante fotolitografía, y mediante RIE se practica un orificio pasante que comunique el exterior con la cavidad creada en el interior de las dos obleas. Este orificio debe estar alineado con el orificio pasante del interior de la estructura cilíndrica (5) y permitirá la salida de los fluidos enfocados y enfocante una vez producida la encapsulación.
- 30 7. Adicionalmente, en el paso 6 se puede mecanizar la oblea #2 para realizar la tobera de descarga (9) de la figura 3, o para reducir su espesor.
8. Asimismo, es posible mecanizar la oblea #1 por su cara inferior para definir mediante fotolitografía una red de canales de reparto del fluido enfocado, que lleve a éste hasta la entrada del orificio interno a la estructura cilíndrica.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1. Concepto de enfocamiento de fluidos

En la figura, (7) es el fluido enfocante y (8) el fluido enfocado.

Figura 2. Sección del dispositivo

El dispositivo consta de dos obleas: inferior #1 (1) y superior #2 (2), que han sido micromecanizadas y unidas. En la oblea inferior (1) se ha tallado una superficie cilíndrica (5) y una cámara de remanso que la rodea desde la cara superior. Desde la cara inferior

6

de la oblea (1) se han abierto dos orificios de entrada para el fluido enfocado (4) y fluido enfocante (6). En la oblea superior (2) se ha abierto un orificio de salida (3) que se encuentra alineado con el orificio de entrada de fluido enfocado (4). El fluido enfocado entra por (4) mientras que el fluido enfocante entra por (6). La forma cilíndrica en (5) hace que el fluido enfocante envuelva al fluido enfocado y que ambos salgan por el orificio (3).

Figura 3. Sección del dispositivo, con geometría alternativa para la salida

El orificio de descarga puede presentar distintas geometrías de salida. En la figura 3 se muestra una salida cónica (9). Otros perfiles en la tobera de descarga son posibles.

Figura 4. Disposición de varios dispositivos integrados formando una matriz

En esta figura se aprecia cómo los dispositivos pueden fabricarse a partir del mismo sustrato, distribuidos en un plano, y con la salida del fluido encapsulado perpendicular a dicho plano.

Figura 5. Proceso de fabricación

El dibujo (a) muestra el rebaje realizado inicialmente en una oblea inferior #1 para crear la superficie cilíndrica y la cámara de remanso. El dibujo (b) muestra el grabado desde la cara inferior para finalizar el orificio interior a la superficie cilíndrica (por donde circulará el fluido enfocado) y el orificio de entrada del fluido enfocante. El dibujo (c) muestra el rebaje realizado en la oblea superior #2, y que determina la separación entre la superficie cilíndrica y la tapadera. El dibujo (d) muestra la unión de las dos obleas mecanizadas hasta ahora. El dibujo (e) muestra el dispositivo final, después de realizar el orificio de salida en la oblea superior.

MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

En lo que sigue se explica un ejemplo de modo de realización de la presente invención que no pretende ser ni exhaustivo ni limitar el campo que cubre la presente invención, y sólo se incluye a modo ilustrativo, estando el campo limitado sólo por las reivindicaciones que se exponen al final.

El método de fabricación es similar al que se ha descrito anteriormente. Al tratarse de técnicas estándar de fabricación de microsystemas, las dimensiones óptimas para este método de fabricación van desde pocos micrómetros hasta decenas o centenas. El proceso de fabricación de un dispositivo típico consiste en:

7

- 1a. Fotolitografía de una oblea inferior de silicio de 380 micrómetros de espesor, definiendo una red de canales de reparto de fluido enfocante de anchura variable y comprendida entre los 100 y los 400 micrómetros.
- 5 1b. Grabado RIE de la oblea, con una profundidad de 180 micrómetros (um) en las zonas definidas por la fotolitografía anterior.
- 2a. Fotolitografía en la cara opuesta (inferior) de la misma oblea usando la misma máscara que en el paso 1a.
- 10 2b. Grabado de la oblea por la cara inferior, con una profundidad de 5um para usarlo como patrón de alineación.
- 3a. Fotolitografía desde la cara inferior usando una nueva máscara y alineándola con los patrones realizados en el paso 2b, definiendo orificios de 50um de diámetro, que se usarán como canales para el fluido enfocado.
- 15 3b. Grabado profundo (Deep RIE) de la oblea desde la cara inferior en las zonas definidas por la fotolitografía realizada en 3a. La profundidad del grabado es la necesaria para atravesar completamente todo el espesor de la oblea, en este caso 380um.
- 20 4a. En una nueva oblea superior de silicio de 380um de espesor se realiza una fotolitografía en la cara inferior, definiendo las áreas en las que el fluido enfocado se encuentra con el enfocado. Estas áreas tienen un diámetro de 600um.
- 4b. Grabado de la oblea en las zonas definidas en la fotolitografía anterior, con una profundidad de 20um.
- 25 5. Unión por fusión de las dos obleas de silicio, con la segunda oblea encima de la primera.
6. Reducción por mecanizado del espesor de la segunda oblea, hasta que el espesor resultante sea de 20um.
- 30 7a. Fotolitografía en la cara superior del conjunto formado por las dos obleas, definiendo los orificios de salida, con un diámetro de 50um.
- 7b. Grabado profundo de la segunda oblea desde su cara superior en las zonas definidas por la fotolitografía anterior, con la profundidad necesaria para perforar la oblea en su totalidad (en este caso 20um).
- 35

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un dispositivo de nebulización mediante enfocamiento capilar de fluidos que consta de n bocas de descarga, por las que sale un fluido enfocado, situadas en una o varias cámaras de remanso y que están enfrentadas a n orificios de salida a través de los cuales sale el fluido enfocado y uno o varios fluidos enfocantes, caracterizado por que comprende los siguientes subprocesos en el orden indicado o en cualquier otro:
- a. se realiza un grabado o ataque químico sobre la cara A de una oblea #1 que, en una o varias etapas, define en su superficie una o varias cámaras de remanso dentro de las que se definen n bocas de descarga, siendo n mayor o igual que uno; para definir la forma a grabar se realiza primero una etapa de fotolitografía;
 - b. se realiza un grabado o ataque químico sobre la oblea #1 que, en una o varias etapas, define (i) una o varias entradas de fluido enfocante que alimentan directa o indirectamente a todas las cámaras de remanso y (ii) n entradas de fluido enfocado que alimentan a las n bocas de descarga; para definir la forma a grabar se realiza primero una etapa de fotolitografía;
 - c. se realiza un grabado o ataque químico sobre la cara A de la oblea #1 que, en una o varias etapas, define uno o varios canales que permiten distribuir el fluido enfocante desde la o las entradas de enfocante a cada una de las cámaras de remanso en donde se encuentran las n bocas de descarga; para definir la forma a grabar se realiza primero una etapa de fotolitografía;
 - d. se realiza un grabado o ataque químico sobre la cara B de la oblea #1 que, en una o varias etapas, define una red de distribución con o sin canales que permiten distribuir el fluido enfocado a cada una de las n entradas de fluido enfocado desde una o varias entradas generales; se considera un caso particular de esta red de canales que exista una entrada general para cada entrada de enfocado; para definir la forma a grabar se realiza primero una etapa de fotolitografía;
 - e. se realiza un grabado o ataque químico sobre una oblea #2 que, en una o varias etapas, define los n orificios de salida del dispositivo; para definir la forma a grabar se realiza primero una etapa de fotolitografía;
 - f. se realiza un grabado o ataque químico sobre la cara B de la oblea #2 que, en una o varias etapas, rebaja el espesor de la placa en las inmediaciones de los n orificios de salida en una cantidad igual o

superior a 0mm; para definir la forma a grabar se realiza primero una etapa de fotolitografía;

- g. se utiliza un método físico o químico para unir la cara A de la oblea #1 a la cara B de la oblea #2, de manera que las n bocas de descarga quedan alineadas con los n orificios de salida, estando separados por una distancia determinada por el rebaje de la cara B de la oblea #2 y la altura de la boca de descarga de la oblea #1.

2. Procedimiento de fabricación de un dispositivo de nebulización mediante enfocamiento capilar de fluidos que consta de n bocas de descarga por las que sale un fluido enfocado, situadas en una o varias cámaras de remanso y que están enfrentadas a n orificios de salida a través de los cuales sale el fluido enfocado y uno o varios fluidos enfocantes, según la reivindicación 1 caracterizado por que comprende los siguientes subprocesos en el orden indicado o en cualquier otro:

- a. se realiza un grabado químico mediante un reactor RIE (reactive ion etching) sobre la cara A de una oblea de silicio #1 que, en una o varias etapas, define en su superficie una o varias cámaras de remanso dentro de las que se definen n bocas de descarga, siendo n mayor o igual que uno; para definir la forma a grabar se realiza primero una etapa de fotolitografía usando las máscaras necesarias;

- b. definiendo previamente la forma y alineación mediante fotolitografía, se realiza un grabado químico mediante reactor RIE sobre la oblea #1 que, en una o varias etapas, define (i) una o varias entradas de fluido enfocante que alimentan directa o indirectamente a todas las cámaras de remanso y (ii) n entradas de fluido enfocado que alimentan a las n bocas de descarga;

- c. definiendo previamente la forma y alineación mediante fotolitografía, se realiza un grabado químico mediante reactor RIE sobre la cara A de la oblea #1 que, en una o varias etapas, define uno o varios canales que permiten distribuir el fluido enfocante desde la o las entradas de enfocante a cada una de las cámaras de remanso en donde se encuentran las n bocas de descarga;

- d. definiendo previamente la forma y alineación mediante fotolitografía, se realiza un grabado químico mediante reactor RIE sobre la cara B de la oblea #1 que, en una o varias etapas, define una red de distribución con o sin canales que permiten distribuir el fluido enfocado a cada una de las n entradas de fluido enfocado desde una o varias entradas generales; se considera un caso particular de esta red de canales que exista una entrada general para cada entrada de enfocado;

- e. definiendo previamente la forma y alineación mediante fotolitografía, se realiza un grabado químico mediante un reactor RIE sobre una oblea de silicio #2 que, en una o varias etapas, define los n orificios de salida del dispositivo;
- 5 f. definiendo previamente la forma y alineación mediante fotolitografía, se realiza un grabado químico mediante reactor RIE sobre la cara B de la oblea #2 que, en una o varias etapas, rebaja el espesor de la placa en las inmediaciones de los n orificios de salida en una cantidad igual o superior a 0mm;
- 10 g. se utiliza un método de unión por fusión para unir la cara A de la oblea #1 a la cara B de la oblea #2, de manera que las n bocas de descarga quedan alineadas con los n orificios de salida, estando separados por una distancia determinada por el rebaje de la cara B de la oblea #2 y la altura de la boca de descarga de la oblea #1.
- 15 3. Procedimiento según reivindicación 1 caracterizado por que una o varias de sus etapas son realizadas por ablación láser en lugar de ataque químico con etapas de fotolitografía.
4. Procedimiento según reivindicaciones 1-3, caracterizado por que la boca de descarga que se obtiene es un tubo de sección circular, o un conducto de
- 20 sección variable con una geometría tridimensional, incluyendo formas troncocónicas, piramidales, axilsimétricas con generatriz curva o combinaciones de las mismas.
5. Procedimiento según reivindicaciones 1-3, caracterizado por que el orificio de salida que se obtiene es de sección circular a lo largo de toda su longitud o tiene
- 25 sección variable y una geometría tridimensional, incluyendo formas troncocónicas, piramidales, axilsimétricas con generatriz curva, toberas convergentes, toberas divergentes, toberas convergente-divergente o combinaciones de las mismas.
6. Procedimiento según reivindicaciones 1-3, caracterizado por que la unión de las
- 30 dos obleas se realiza mediante la unión por fusión química, unión anódica, adhesivos convencionales, unión mecánica u otros procedimientos que aseguren la fijación de la geometría y la ausencia de fugas intersticiales.
7. Procedimiento según reivindicaciones 1-3, caracterizado por que la oblea #1 y/o #2 son sometidas en algún momento a una o varias etapas adicionales de
- 35 procesado físico o químico, en particular fresado físico-químico, mecanizado convencional, ablación láser, que permiten variar el espesor de la oblea, la forma de los orificios de salida, la forma de los canales y/o las bocas de descarga.
8. Dispositivo de nebulización caracterizado por estar fabricado según procedimientos de reivindicaciones 1-7.

9. Dispositivo según reivindicación 8, caracterizado por que el material base sobre el que se forman las estructuras es silicio y que las técnicas de grabado utilizadas sobre las obleas son técnicas convencionales en la fabricación de microsistemas.
- 5 10. Dispositivo según reivindicación 8, caracterizado por que el material base sobre el que se forman las estructuras es vidrio, material compuesto, plástico, o cualquier otro susceptible de ser mecanizado por ataque o grabado químicos según el procedimiento descrito.
- 10 11. Dispositivo según reivindicación 8, caracterizado por que n es igual a 1 y, por tanto el dispositivo consta de una sola boca de descarga y un solo orificio de salida.
12. Dispositivo según reivindicación 8, caracterizado por que la dirección del fluido enfocado en el interior de la boca de descarga es esencialmente perpendicular a las dos obleas.
- 15 13. Dispositivo según reivindicación 8, caracterizado por que la entrada del fluido enfocado proviene de otro dispositivo enfocador de fluido según reivindicación 8, estando por tanto dicha entrada constituida a su vez por un fluido enfocado y un fluido enfocante. Se consigue de esta forma el enfocamiento de tres fluidos simultáneamente. El dispositivo completo puede construirse apilando dos
- 20 dispositivos como los descritos en la reivindicación 8, de forma que la salida de los dos fluidos encapsulados del dispositivo inferior se conecte a la entrada del fluido o del dispositivo superior.
- 25 14. Dispositivo según reivindicación 8, caracterizado por que consta de electrodos que permiten establecer una diferencia de potencial eléctrica entre el orificio de salida y la boca de descarga, de modo que el campo eléctrico generado provoca efectos sobre la formación y rotura del chorro microenfocado.
15. Dispositivo según reivindicación 8, caracterizado por que la o las entradas del fluido enfocante que alimentan a la o las cámaras de remanso se encuentran en la cara B o en la cara lateral de la oblea #1.

30

35

FIGURAS

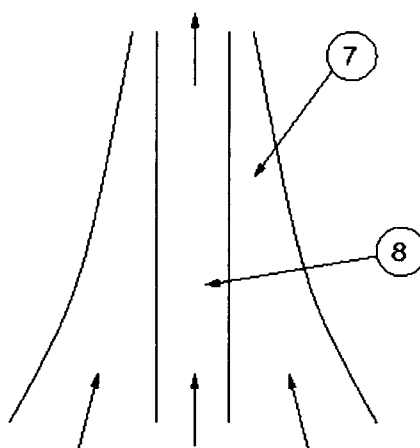


Figura 1

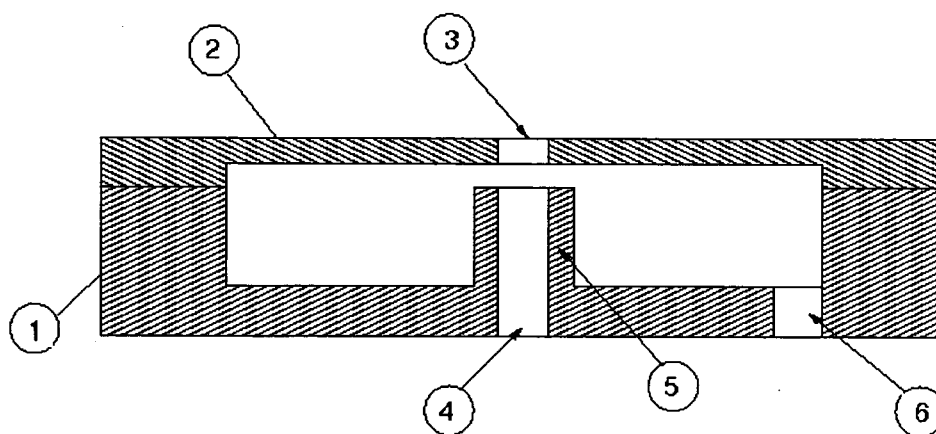


Figura 2

2/3

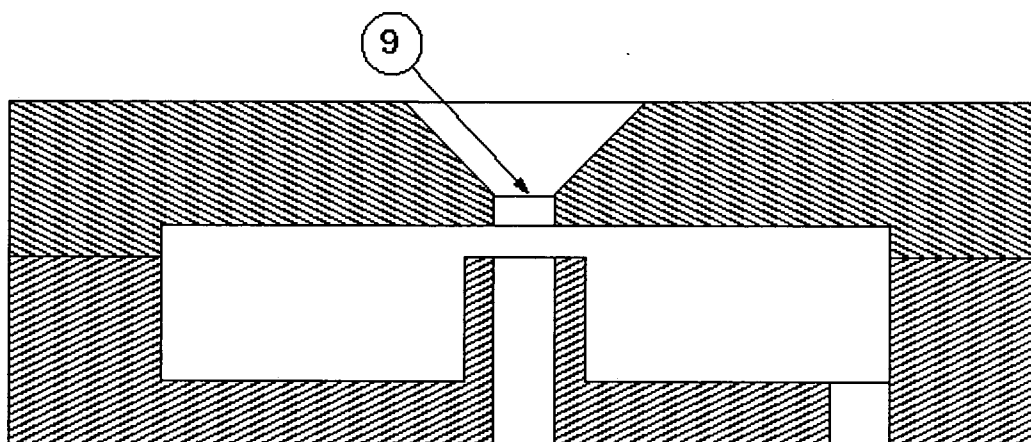


Figura 3

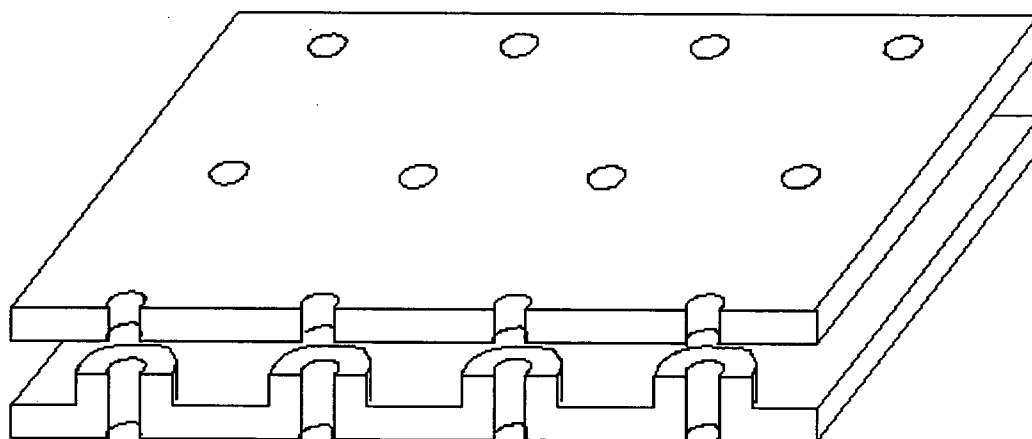


Figura 4

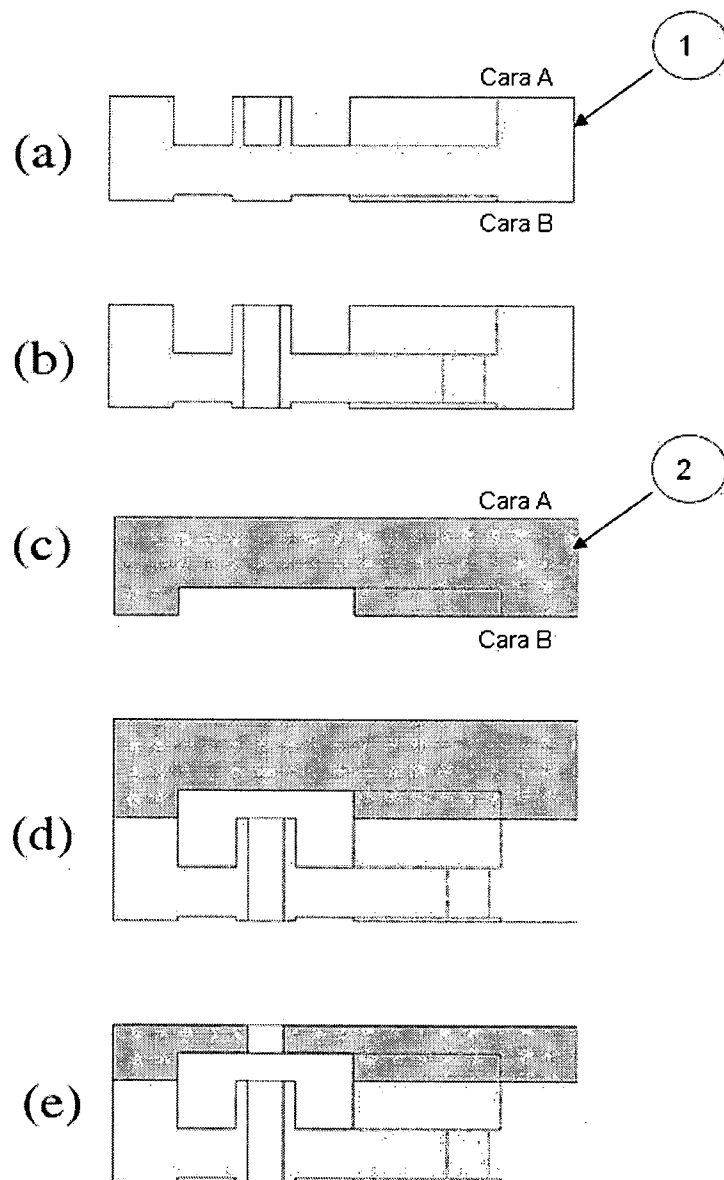


Figura 5