

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 354**

51 Int. Cl.:

H01L 41/18 (2006.01)

H02N 2/16 (2006.01)

H01L 41/047 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2014 PCT/AU2014/050259**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.04.2015 WO15054742**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2014 E 14853674 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.02.2020 EP 3058603**

54 Título: **Plataforma de accionamiento piezoeléctrico**

30 Prioridad:

17.10.2013 AU 2013903999

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

30.07.2020

73 Titular/es:

**ROYAL MELBOURNE INSTITUTE OF
TECHNOLOGY (100.0%)
124 La Trobe Street
Melbourne, VIC 3000, AU**

72 Inventor/es:

**REZK, AMGAD;
YEO, LESLIE y
FRIEND, JAMES**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 776 354 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

Plataforma de accionamiento piezoeléctrico

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a un aparato accionado de forma piezoeléctrica, y en particular a una plataforma de accionamiento piezoeléctrico para su uso en dicho aparato.

10 Antecedentes de la invención

Los materiales policristalinos cerámicos tales como circonato titanato de plomo (conocido comúnmente como 'PZT'), se seleccionan comúnmente como sustrato para una plataforma de accionamiento piezoeléctrico porque este material ofrece grandes coeficientes de acoplamiento electromecánico, k_t^2 , que es la relación entre la energía mecánica producida y la energía eléctrica introducida. Sin embargo, la presencia de plomo en PZT limita sus usos potenciales en tecnología médica y de consumo. Para proporcionar un sustrato sin plomo, el uso de materiales piezoeléctricos monocristalinos que no contienen plomo, tales como niobato de litio (LiNbO_3), se ha considerado por tanto su uso en tales aplicaciones.

20 En comparación con PZT y otros materiales cerámicos policristalinos que ofrecen grandes coeficientes de acoplamiento electromecánico, k_t^2 , el uso de un solo cristal, el material piezoeléctrico se considera tradicionalmente como solo razonable para dispositivos de muy alta frecuencia (VHF) y superior, de ~1 MHz a ~100 GHz de frecuencia. Estos materiales piezoeléctricos monocristalinos incluyen, pero sin limitación, niobato de litio masivo, niobato de litio en película delgada, tantalato de litio masivo, tantalato de litio en película delgada, nitruro de galio, cuarzo y langasita. Esto se debe principalmente a su k_t^2 relativamente bajo. Sin embargo, el alto factor de calidad, Q, y la baja amortiguación asociada de materiales monocristalinos son un aspecto importante. El factor de calidad para el niobato de litio es de alrededor de 20.000, mientras que el factor de calidad de PZT, incluso en las condiciones más ideales, es solo aproximadamente 1000 para frecuencias muy bajas.

30 Existe una percepción errónea de que $Q_m(\text{PZT})$ permanece en este valor para frecuencias de hasta unos pocos MHz, y que los coeficientes k_t^2 de los materiales monocristalinos tales como niobato de litio son simplemente demasiado pequeños para justificar el uso de estos materiales en comparación con PZT y otros materiales piezocerámicos policristalinos similares, independientemente de los valores de Q.

35 Los dispositivos de alta frecuencia que funcionan a frecuencias entre 1 MHz y 10 GHz, son ideales para dispositivos de accionamiento de micro a nanoescala debido a las longitudes de onda cortas y, en particular, las aceleraciones muy grandes que pueden generarse a frecuencias tan altas. Debido a que la velocidad máxima de partículas que puede inducirse en un material sólido, que es aproximadamente 1 m/s, es aproximadamente independiente de la frecuencia, por tanto, para frecuencias de menos de 1 kHz a más de 10 GHz, la aceleración que puede inducirse aumenta linealmente con la frecuencia. Esta aceleración es aproximadamente 6 millones de veces la aceleración de la gravedad cuando se usa un dispositivo de 10 MHz, y más de 600 millones de veces la aceleración para un dispositivo de 1 GHz. Tales dispositivos representan, por tanto, uno de los medios más potentes de aceleración de conducción conocidos, aparte de los aceleradores de partículas. Estas aceleraciones pueden usarse para impulsar objetos sólidos y fluidos a microescala en una variedad de formas creativas que ahora están apareciendo en aplicaciones desde robótica hasta biomedicina. Lo que se necesita es un medio para generar eficazmente tal aceleración. El estado actual de la técnica como se describe en la bibliografía académica y de patente, y particularmente en telecomunicaciones, no aborda esta necesidad ni describe una forma de hacerlo.

50 De hecho, se necesita una cifra de mérito apropiada para el material piezoeléctrico, una cantidad que define el rendimiento potencial del material para una aplicación específica. Este valor de cifra de mérito se definió en el pasado mediante el producto de k_t^2 y Q_m . Este valor puede ser bastante grande para niobato de litio, por ejemplo, y más grande que PZT para aplicaciones prácticas de materiales en microdispositivos, hecho no reconocido en la bibliografía actualmente disponible. Los valores muy altos de Q en materiales monocristalinos en comparación con materiales másicos, por tanto, superan la discrepancia en valores de k_t^2 .

55 El uso abrumadoramente común de material piezoeléctrico monocristalino, tal como niobato de litio, es en generación y uso de ondas acústicas superficiales, aprovechando las bajas pérdidas, gran densidad de energía y varias otras características de las ondas superficiales. Desafortunadamente, el uso de niobato de litio generalmente requiere la deposición de electrodos sobre su superficie mediante fotolitografía. La formación de tales electrodos requiere instalaciones de sala limpia y técnicas de precisión para fabricar tales estructuras, representando un costo inicial para el establecimiento o acceso a dicha instalación y costos continuos en la fabricación de dispositivos.

60 Si bien es posible generar ondas a granel en materiales piezoeléctricos monocristalinos con electrodos grandes a través de las caras expuestas de estos materiales, pocas aplicaciones hacen uso de esta capacidad, con prácticamente todas las aplicaciones de onda másica de materiales piezoeléctricos en lugar de usar PZT, ZnO y otros materiales policristalinos.

5 Las vibraciones generadas en materiales piezoeléctricos con electrodos grandes estándar son típicamente de forma simple: es decir, grosor, radial, o cizalladura, sin desplazamiento de fase a través de la estructura vibratoria. Los electrodos grandes tienen dimensiones que cubren una parte significativa de la superficie del sustrato piezoeléctrico con el que están en contacto.

10 Los electrodos pequeños, de dimensiones de la longitud de onda/2 o menos a lo largo de la dirección de propagación de la vibración pero a lo largo de la dirección de propagación (generalmente muchos múltiplos de la longitud de onda), se utilizan para generar ondas acústicas superficiales o masivas que poseen longitudes de onda que son pequeñas en comparación con las dimensiones del material piezoeléctrico en donde se generan las vibraciones. Además, típicamente tales electrodos tienen patrones repetidos (es decir, electrodos interdigitales con numerosos "pares de dedos" para las ondas Rayleigh SAW o Lamb u ondas Love); el número de repeticiones generalmente se elige basándose en el deseo de igualar las impedancias o lograr un ancho de banda deseado para el transductor. Normalmente se requiere que dichos electrodos se depositen en la superficie del material piezoeléctrico mediante fabricación fotolitográfica. También se hace referencia a los documentos de técnica anterior US4742319, US2010139377, WO2007128045, US2012187209 y US2008048804.

20 Sería ventajoso poder tener una plataforma de accionamiento piezoeléctrico que evite la necesidad de depositar electrodos en la superficie del sustrato piezoeléctrico mediante fotolitografía.

También sería ventajoso poder utilizar al menos un electrodo individual, ya sea un electrodo grande o un electrodo puntual pequeño, para generar vibraciones con longitudes de onda cortas en comparación con las dimensiones del material piezoeléctrico vibrante.

25 Sumario de la invención

La presente invención define una plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la reivindicación 1 de dispositivo independiente.

30 El material piezoeléctrico monocristalino puede seleccionarse preferentemente de uno de los siguientes grupos: niobato de litio masivo, niobato de litio en película delgada, tantalato de litio masivo, tantalato de litio en película delgada, nitruro de galio, cuarzo, y langasita.

35 El electrodo individual puede estar en contacto con una superficie del sustrato piezoeléctrico. Alternativamente, el electrodo puede tener la forma de un material conductor pulverizado por ionización sobre una superficie del sustrato piezoeléctrico. El material conductor puede ser, por ejemplo, un metal tal como oro.

40 Como el electrodo individual no se deposita en la superficie del sustrato piezoeléctrico mediante procesos fotolitográficos, no es necesario pulir esa superficie. Por tanto, la superficie del sustrato piezoeléctrico puede dejarse sin pulir, reduciendo aún más los costes de producción.

45 Según un ejemplo de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención, el electrodo puede ser un electrodo grande en contacto con una parte significativa de la superficie del sustrato piezoeléctrico. El electrodo puede tener forma de un material laminar conductor que puede tener una variedad de formas diferentes, incluyendo forma de L, forma de tira, forma curvada o circular.

Según otro ejemplo de la invención, el electrodo puede ser un electrodo puntual en contacto con un punto en la superficie de la superficie del sustrato piezoeléctrico.

50 También es preferente que la señal eléctrica aplicada al sustrato piezoeléctrico tenga una frecuencia que coincida sustancialmente con una o más frecuencias resonantes del sustrato piezoeléctrico. Esto permite que la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención funcione a diferentes frecuencias para diferentes aplicaciones.

55 La presente invención utiliza uno o más electrodos para aplicar una señal eléctrica al sustrato piezoeléctrico, y no requiere que se deposite material de electrodo sobre una superficie del sustrato piezoeléctrico utilizando fotolitografía. Esto reduce drásticamente el costo de fabricación de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención.

60 Además, el uso de electrodos en combinación con materiales monocristalinos logra valores muy grandes para la cifra de mérito y permite que se formen ondas ultrasónicas de gran amplitud en el sustrato piezoeléctrico. La presente invención es útil para una variedad de aplicaciones, y no requiere técnicas de fabricación complejas, ni la necesidad de recurrir a materiales policristalinos o basados en plomo para lograr estos resultados.

65 La combinación de electrodos y materiales piezoeléctricos monocristalinos proporciona una solución muy atractiva para muchas aplicaciones. Por ejemplo, la presente invención puede usarse en la manipulación de gotitas líquidas, o

fluidos en dispositivos cerrados micro a nanofluidicos, o en inyección, mezcla y nebulización de tales líquidos. La presente invención también puede usarse en manipulación de partículas y celdas dentro de estos líquidos para una amplia variedad de aplicaciones en química y medicina.

- 5 Además, los beneficios específicos que ofrece el uso de material piezoeléctrico monocristalino se suman a las ventajas que presenta la favorable cifra de mérito. Estos beneficios surgen debido a la transparencia de LN, LT y cuarzo que permiten dispositivos y aplicaciones ópticos, las cualidades semiconductoras de GaN y la capacidad asociada para generar luz coherente en ese material para láseres, circuitos integrados monolíticos que contienen amplificación, memoria, cálculo y funciones de detección adicionales para aplicaciones monolíticas de laboratorio sobre sustrato, y
- 10 la ausencia de plomo de todos estos materiales y, por tanto, la reducción de materiales basados en plomo en tecnología médica y de consumo que emplean estos dispositivos, haciendo que la tecnología sea ambientalmente segura y cumpla con las estrictas normas internacionales sobre eliminación de plomo de todos los dispositivos de consumo para 2020.
- 15 También existe la ventaja en algunas realizaciones de la ausencia de una onda de propagación coherente, útil para proporcionar energía acústica a más de una ubicación que puede estar "sombreada" por otra ubicación.

Breve descripción de las figuras

- 20 La presente invención se describirá ahora por referencia a las figuras adjuntas que muestran ejemplos preferentes de una plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención, así como resultados experimentales y datos obtenidos usando la presente invención. También se prevén otros ejemplos y, en consecuencia, no debe entenderse que la particularidad de los dibujos adjuntos reemplaza la generalidad de la descripción precedente de la invención.

25 La Figura 1 muestra una vista en planta de un ejemplo de configuración de electrodo muy simple que puede usarse para una plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención;

30 las Figuras 2a y 2b muestran respectivamente patrones de partículas con una estructura bien definida de partículas suspendidas dentro de una gotita de líquido ubicada en una superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico antes del accionamiento, y después de la aplicación de una potencia de entrada muy baja;

35 las Figuras 3a y 3b muestran respectivamente el comportamiento de artículos suspendidos dentro de una gotita de líquido ubicada en una superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico antes del accionamiento, y después de la aplicación de potencia de entrada a un nivel ligeramente más alto que en el experimento mostrado en las Figuras 2a y b;

40 las Figuras 4a a 4d muestran el cambio en el comportamiento de las partículas suspendidas dentro de una gotita de líquido ubicada en una superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico a medida que varía la ubicación de la gotita de líquido en la superficie, antes del accionamiento en 4a y 4c y después de la aplicación de las ondas en 4b y 4d;

45 las Figuras 5a a 5c muestran un mecanismo de concentración de partículas donde al aumentar la potencia de entrada, la formación del anillo poloidal, mostrada en la figura 4, se vuelve inestable y rompe, seguido de concentración a lo largo de la línea radial del anillo.

Las Figuras 6a y 6b muestran respectivamente el movimiento giratorio y la traslación de una gotita de líquido ubicada en una superficie inclinada de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención;

50 las Figuras 7a y 7b muestran respectivamente la forma de una gotita de líquido ubicada en una superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención antes del accionamiento, y la distorsión de una gotita de líquido después de la aplicación de potencia de entrada;

55 las Figuras 8a y 8b muestran respectivamente un objeto en forma de rotor colocado dentro de una gotita de líquido ubicada en una superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención antes del accionamiento, y la rotación del objeto en forma de rotor después de la aplicación de una potencia de entrada;

60 las Figuras 9a a 9d muestran respectivamente el desplazamiento de varios objetos sólidos ubicados en una superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención;

65 las Figuras 10a y 10b muestran respectivamente una gotita de líquido en la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención antes del accionamiento, y la atomización de esa gotita de líquido ubicada en una superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico después de la aplicación de una potencia de entrada;

las Figuras 11a a 11c muestran respectivamente imágenes infrarrojas de distribución de calor dentro de una

plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención antes del accionamiento, durante el accionamiento e inmediatamente después del accionamiento:

5 la Figura 12 es un gráfico que muestra la distribución de tamaño de gota de gotas atomizadas de una gotita de líquido ubicada en la superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención; y

la Figura 13 es una vista lateral esquemática de un aparato atomizador que usa la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención.

10 Descripción detallada de la invención

El proceso de fabricación para la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención implica preferentemente tres estrategias diferentes. La primera estrategia utiliza una configuración de electrodo donde un metal tal como una tira de aluminio se pone en contacto físico con niobato de litio para accionamiento cuando se aplica una corriente alterna. En una segunda estrategia, para materiales de electrodo relativamente más preciosos, el proceso de fabricación se realiza enmascarando partes de la superficie de niobato de litio usando una máscara de 'sombra' predefinida, usando cinta de alta calidad, por ejemplo, y luego pulverizando por ionización la superficie con un material conductor - tal como oro - seguido de pelar la cinta. Una tercera estrategia consiste en pulverizar por ionización oro en la superficie de niobato de litio, imprimir un diseño en papel y transferir la tinta/patrón sobre la superficie de niobato de litio por calor, especialmente usando un laminador estándar, seguido de grabar el oro desnudo restante. Cabe señalar que en el caso de ondas Lamb, los electrodos pueden estar en un lado del bloque de niobato de litio mientras que la superficie de trabajo donde, por ejemplo, puede producirse un accionamiento microfluido, está en el lado opuesto. Esto se puede lograr porque las ondas Lamb son un tipo de ondas masivas. Esto es ventajoso en el caso de que se usen fluidos conductores, ya que esto evita el cortocircuito si el fluido entra en contacto con el metal del electrodo. Normalmente se requiere pulir la superficie del sustrato piezoeléctrico cuando es necesario depositar los electrodos mediante fotolitografía. Según la presente invención, la superficie no necesita pulirse y, por tanto, puede dejarse sin pulir.

La Figura 1 es una vista en planta de una plataforma de accionamiento piezoeléctrico 1 según la presente invención. El sustrato piezoeléctrico utilizado en la experimentación fue niobato de litio. Sin embargo, la presente invención no se limita a este material, y también podrían usarse otros materiales piezoeléctricos monocristalinos. Esa plataforma 1 incluye un sustrato piezoeléctrico 3 formado a partir de un material piezoeléctrico monocristalino tal como niobato de litio. Un par de tiras de aluminio 5 conectadas a una fuente de alimentación se pone en contacto físico con el sustrato piezoeléctrico 3. Solo se muestra un ejemplo de la configuración del electrodo 7 en la Figura 1, y también son posibles otras configuraciones. Por tanto, la configuración de electrodos puede incluir electrodos en forma de L, uno o más electrodos puntuales, electrodos en forma de línea, electrodos curvos o electrodos circulares. Por ejemplo, podría usarse un electrodo de contacto de un solo punto dependiente de un suelo flotante. La fuente de alimentación 7 puede proporcionar una señal ultrasónica que corresponde a una o más de la frecuencia de resonancia del sustrato de LiNbO_3 . Lo significativo de esto es que existen múltiples resonancias para una sola plataforma de accionamiento piezoeléctrico, que permiten diferentes aplicaciones a diferentes frecuencias. También observamos que las resonancias son proporcionales al grosor del niobato de litio y podrían alterarse cambiando su grosor.

Las Figuras 2 a 12 ilustran varios resultados experimentales y datos obtenidos en experimentos realizados en la plataforma de accionamiento piezoeléctrico 1 según la presente invención. La Figura 13 muestra un aparato atomizador que usa la plataforma piezoeléctrica 1 descrita.

Las Figuras 2a y b muestran respectivamente partículas suspendidas dentro de una gotita de líquido ubicada en la superficie de la plataforma de sustrato piezoeléctrico. La Figura 2a muestra las partículas distribuidas a través de la gotita de líquido después de que se aplique potencia a la plataforma. La aplicación de una potencia de entrada muy baja del orden de 0,1 a 0,2 vatios da como resultado que las partículas se agreguen entre sí para formar patrones distintivos debido a la radiación acústica, Tal agregación de partículas puede usarse para diversas aplicaciones de aislamiento y atrapamiento de partículas.

Cuando se aplica una potencia de entrada ligeramente mayor de 0,2 a 0,4 vatios a la plataforma de accionamiento piezoeléctrico, se observa un comportamiento diferente en la agregación de partículas suspendidas dentro de una gotita de fluido ubicada en la superficie de la plataforma. Dependiendo de la ubicación de la gotita de líquido con respecto al electrodo, las partículas pueden rotar dentro del líquido debido al flujo poloidal dentro de esa gotita para formar dos puntos de concentración de isla como se muestra en la Figura 3b. El aumento de la intensidad fluorescente por concentración de las partículas tiene aplicaciones potenciales en detección, y especialmente con respecto a biomoléculas.

Las Figuras 4a a 4d muestran el efecto que puede tener la variación de la ubicación de la gotita de líquido con respecto al electrodo en la superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico en el comportamiento de las partículas suspendidas dentro de esa gotita de líquido. En los experimentos, se aplicó una potencia de entrada de 0,2 a 0,4 vatios a la plataforma 1. La variación de ubicación de la gotita de líquido resultó en que las partículas suspendidas dentro de la gotita líquida se agregaran en diferentes patrones, o que las partículas giraran dentro de la gotita debido al flujo

poloidal inducido dentro de la gotita para formar un patrón de concentración de anillo como se muestra mejor en las Figuras 4b y 4d.

5 En las Figuras 5a a 5c se muestra un mecanismo único de concentración de partículas y su aplicación donde, un fuerte flujo poloidal conduce a la formación de un anillo de partículas seguido de inestabilidad del anillo y, finalmente, la agregación de partículas a lo largo de una línea radial dentro de la gotita. La concentración de partículas tiene amplias aplicaciones, especialmente con biosensores donde la señal óptica aumenta un millón de veces después de concentrar partículas/biomoléculas.

10 La aplicación de potencia a la plataforma de accionamiento piezoeléctrico también puede provocar el desplazamiento de la gotita de fluido en la superficie de la plataforma. Las Figuras 6a y 6b muestran respectivamente una gotita de líquido ubicada en la superficie de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico, que se ha inclinado en cualquier ángulo con respecto a un plano horizontal. La aplicación de una potencia de entrada ligeramente superior a 0,5 vatios en los experimentos dio como resultado vibración y giro de la gotita de líquido como se muestra en la Figura 6a.
15 Además, la gotita de líquido también se movería bajo la influencia de la gravedad debido a que la línea de contacto de la gotita se desancla debido a la inclinación de la superficie de la plataforma como se muestra en la Figura 6b. El desplazamiento de la gotita de líquido puede lograrse alternativamente rompiendo la simetría espacial de los electrodos, usando una forma de electrodo asimétrica o creando asimetría en el borde del chip o colocando estratégicamente la gotita de modo que solo algunas partes de la gotita estén expuestas a las ondas acústicas. La capacidad de desplazar una gotita de líquido ubicada en la superficie de la plataforma tiene aplicaciones en el campo de laboratorio en un chip (LOC).
20

La aplicación de una mayor potencia de entrada a la plataforma de accionamiento piezoeléctrico también puede provocar la distorsión de la interfase de gotita de líquido. Las Figuras 7a y 7b muestran respectivamente una gotita de líquido antes de la aplicación de potencia como se muestra en la Figura 7a, y después de la aplicación de una potencia de entrada de más de 0,5 vatios. Esto resulta en que la gotita de líquido conforma una forma cónica que luego puede romperse y formar un chorro de líquido. Tal comportamiento del líquido podría ser útil para aplicaciones de impresión, así como en aplicaciones de medición de viscosidad.
25

30 La plataforma de sustrato piezoeléctrico según la presente invención también puede usarse en aplicaciones de microingeniería. Las Figuras 8a y 8b muestran respectivamente un lugar de objeto en forma de rotor dentro de la gotita de líquido cuando está estacionario como se muestra en la Figura 8a antes del accionamiento de la plataforma piezoeléctrica, o girando como se muestra en la Figura 8b después del accionamiento. El experimento implicó la aplicación de una potencia de entrada de aproximadamente 0,5 vatios que resultó en la rotación del líquido dentro de la gotita de líquido, forzando la rotación del objeto en forma de rotor
35

La plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención también podría usarse para mover otros objetos relativamente grandes que pesen unos pocos gramos. Las Figuras 9a y 9b muestran el movimiento de un grupo de granos de sal después de la aplicación de una potencia de entrada a la plataforma de accionamiento piezoeléctrico. Las Figuras 9c y 9d muestran de manera similar el movimiento de un gran grupo de sal después de la aplicación de una potencia de entrada a la plataforma de accionamiento piezoeléctrico. Esto demuestra la aplicación potencial de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico como limpiadora de superficies.
40

La plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención también puede usarse en atomización de líquido. Las Figuras 10a y 10b muestran respectivamente una gotita de líquido en la superficie de la plataforma piezoeléctrica antes de aplicar cualquier potencia de entrada a la plataforma, y el líquido se convierte en una niebla en la Figura 10b después de la aplicación de una potencia de entrada de 0,7 a 2 vatios a la plataforma de accionamiento piezoeléctrico.
45

50 La Figura 11 muestra varias imágenes infrarrojas de la distribución de calor de la plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención antes de que se aplique la potencia de entrada (Figura 11a), durante la aplicación de una potencia de entrada (Figura 11b), e inmediatamente después de que la potencia de entrada se haya discontinuado (Figura 11c). Estas imágenes muestran que la generación de calor global es significativamente menor en la presente invención, donde se usan electrodos individuales en comparación con las plataformas de accionamiento piezoeléctrico que usan transductores interdigitales donde las temperaturas pueden ser del orden de 60 y 95 °C. De hecho, los IDT convencionales se han utilizado como calentadores de gotitas y otras aplicaciones de PCR que requieren altas temperaturas. En comparación, la temperatura máxima observada en la plataforma de sustrato piezoeléctrico según la presente invención es del orden de aproximadamente 40 grados centígrados. Las temperaturas de funcionamiento más bajas pueden permitir que la plataforma se use en una mayor variedad de aplicaciones en las que se debe evitar la alta temperatura. La plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención puede usarse, por ejemplo, en manipulación de biomateriales sensibles al calor. Además, las temperaturas operativas más bajas pueden aumentar la fiabilidad de ese aparato usando una plataforma de accionamiento piezoeléctrico según la presente invención.
55
60

65 La Figura 12 muestra un gráfico de la distribución del tamaño de gota de las gotas atomizadas producidas en la disposición que se muestra en la Figura 10. Como se muestra en los resultados, las gotas atomizadas tienen una

distribución monodispersa, así como un tamaño pequeño (inferior a 5 micrómetros), lo que las hace ideales para muchas aplicaciones prácticas, especialmente para el suministro de fármacos a los pulmones

- 5 La Figura 13 es un diagrama esquemático que muestra un aparato atomizador que usa la plataforma de accionador piezoeléctrico 1 según la presente invención. Uno o más depósitos de líquido 9 pueden suministrar líquido a la superficie de plataforma 12. Una mecha formada de papel, tela u otro material hidrófilo puede extenderse desde el depósito 9 a la superficie de plataforma 12. La mecha 11 tiene un borde 13 en contacto con la superficie de plataforma 12 desde la que se puede atomizar el líquido transferido a lo largo de cada mecha 11. El fluido se extrae a través de la mecha 11 como resultado de la atomización del fluido en el borde de la mecha 13. La mecha 11 puede incluir canales formados aplicando un patrón en áreas de la superficie de mecha 15 usando un material hidrófobo tal como cera o material fotorresistente. Esto permite que se transfiera y/o mezcle más de un fluido en la superficie de mecha 15. En la Figura 15 se muestran tres de estas mechas que permiten que se atomice al mismo tiempo más de un líquido diferente desde una sola plataforma de accionamiento piezoeléctrico 1.
- 10
- 15 Las modificaciones y variaciones que el experto en la materia consideraría obvias se incluyen dentro del ámbito de la presente invención como se reivindica en las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una plataforma de accionamiento piezoeléctrico (1) que incluye un sustrato piezoeléctrico (3) formado a partir de un material piezoeléctrico monocristalino, definiendo el sustrato piezoeléctrico (3) una superficie de plataforma (12), la plataforma incluye además al menos un electrodo (5) en contacto con el sustrato piezoeléctrico (3), en donde el al menos un electrodo (5) está en forma de un material conductor que tiene forma de L, forma de tira, forma curva o circular, o un electrodo puntual en contacto con un punto de la superficie del sustrato piezoeléctrico (3), caracterizado por que el electrodo (5) está configurado para aplicar una señal eléctrica al sustrato (3) de modo que se generen ondas de volumen en forma de ondas de Lamb en dicho sustrato (3) para manipular de ese modo gotitas de líquido, fluidos o partículas en un fluido situado en la superficie de plataforma (12).
- 10
- 15 2. Una plataforma de accionamiento piezoeléctrico (1) según la reivindicación 1 en donde el material piezoeléctrico monocristalino se selecciona de uno del siguiente grupo: niobato de litio masivo, niobato de litio en película delgada, tantalato de litio masivo, tantalato de litio en película delgada, nitruro de galio, cuarzo, y langasita.
- 20 3. Una plataforma de accionamiento piezoeléctrico (1) según la reivindicación 1 o 2, en donde el electrodo (5) está en contacto físico con una superficie del sustrato piezoeléctrico (3).
4. Una plataforma de accionamiento piezoeléctrico (1) según la reivindicación 3, en donde la superficie del sustrato piezoeléctrico está sin pulir.
- 25 5. Una plataforma de accionamiento piezoeléctrico (1) según la reivindicación 3 o 4, en donde el electrodo (5) está en contacto con la superficie de sustrato piezoeléctrico (3).
- 30 6. Una plataforma de accionamiento piezoeléctrico (1) según la reivindicación 5, en donde el electrodo (5) está en forma de un material laminar conductor.
7. Una plataforma de accionamiento piezoeléctrico (1) según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que incluye además una fuente de alimentación (7) para suministrar la señal eléctrica a una o más frecuencias que coincidan sustancialmente con las frecuencias de resonancia del sustrato piezoeléctrico (3).

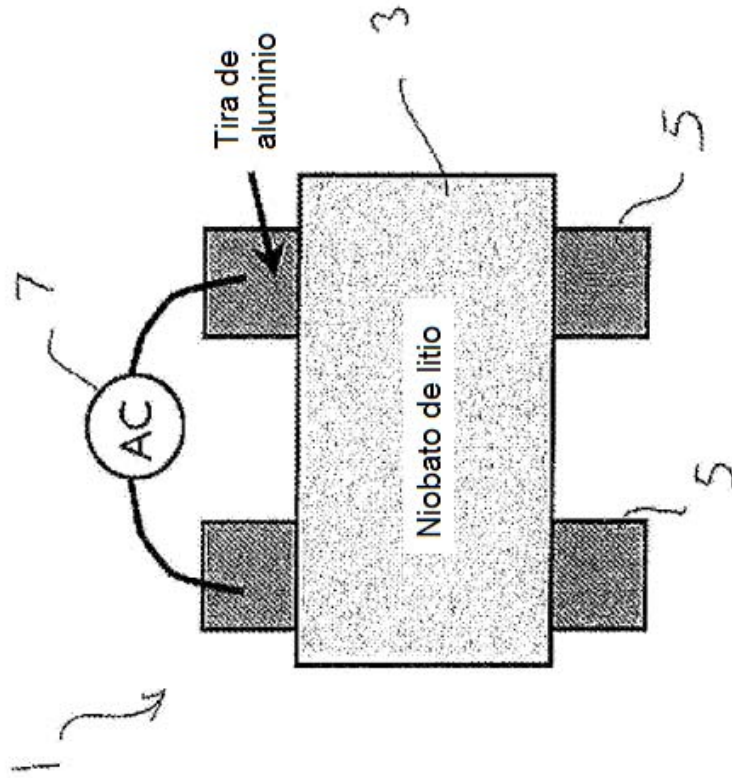
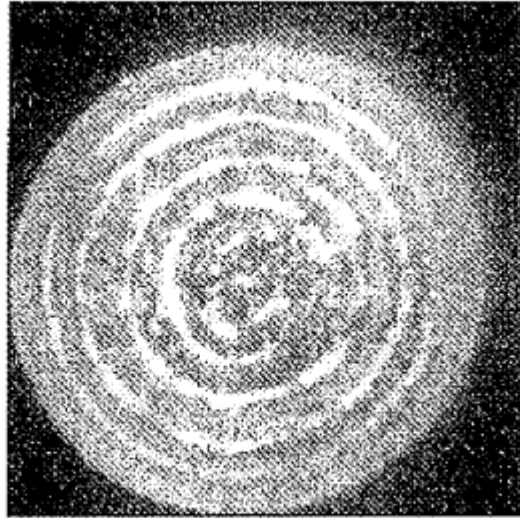


Fig. 1

(a)



(b)

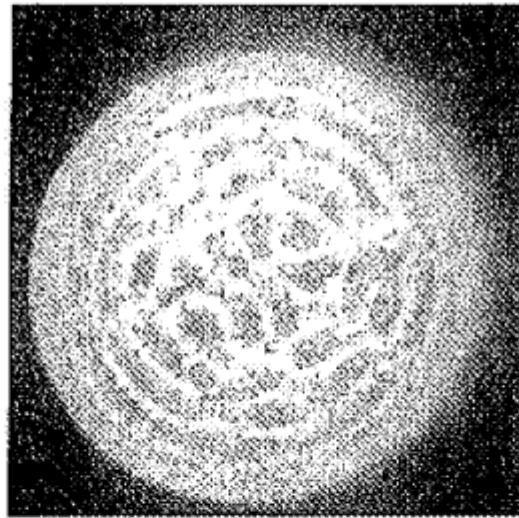


Fig. 2

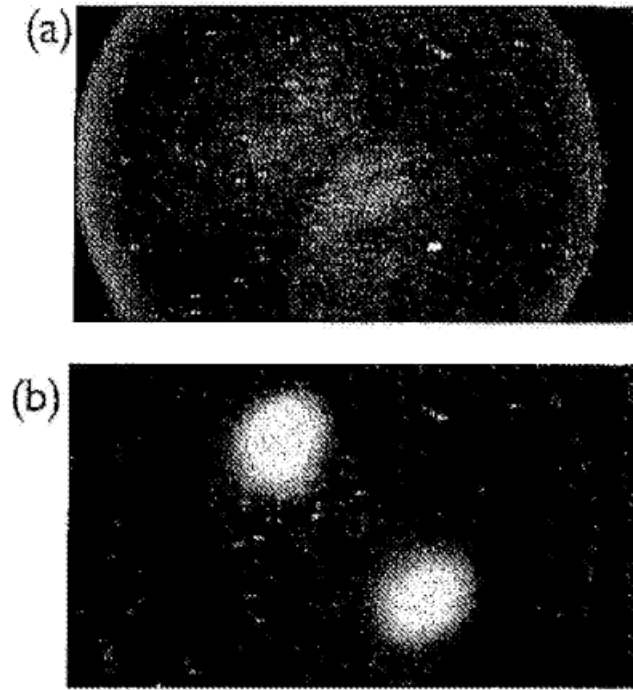


Fig. 3

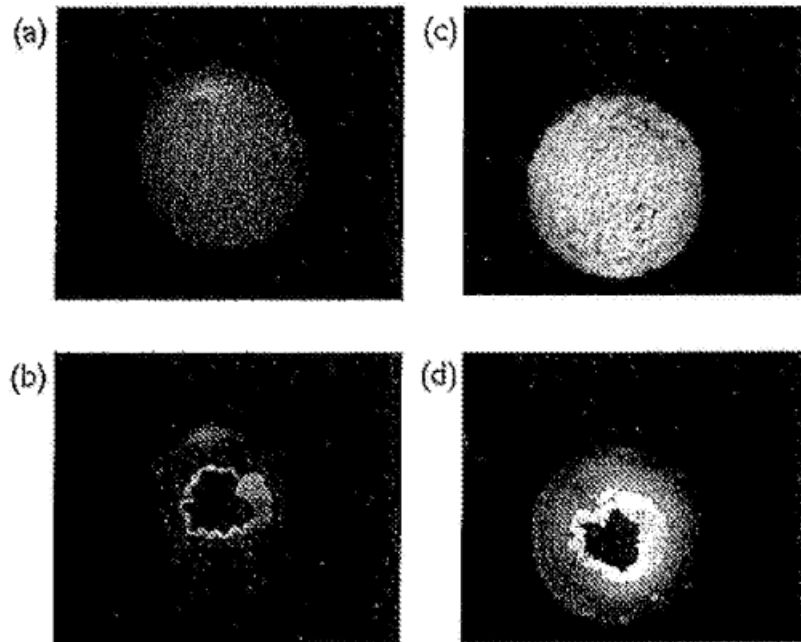


Fig. 4

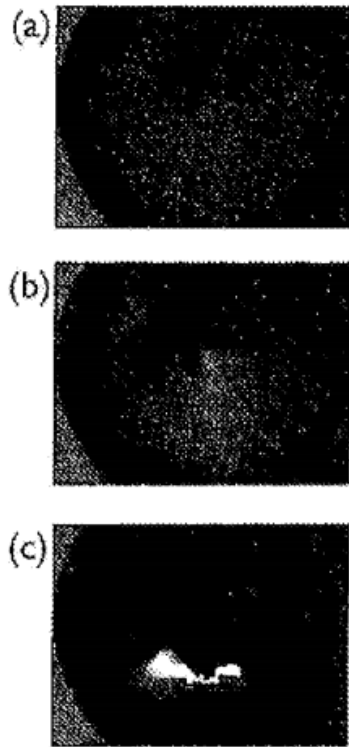


Fig. 5

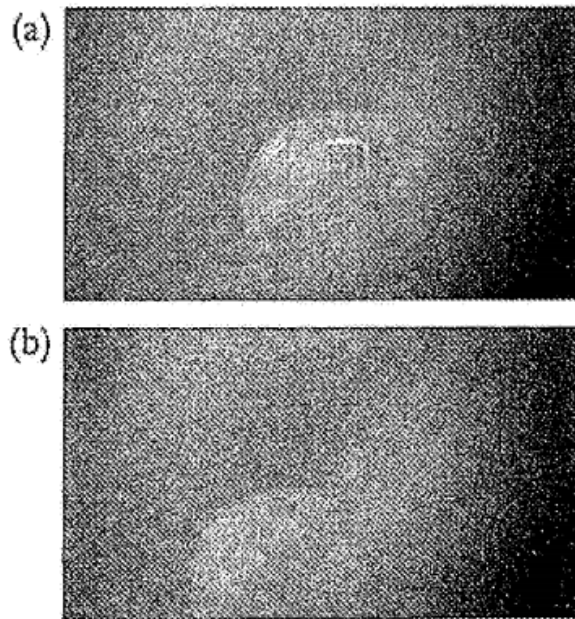


Fig. 6

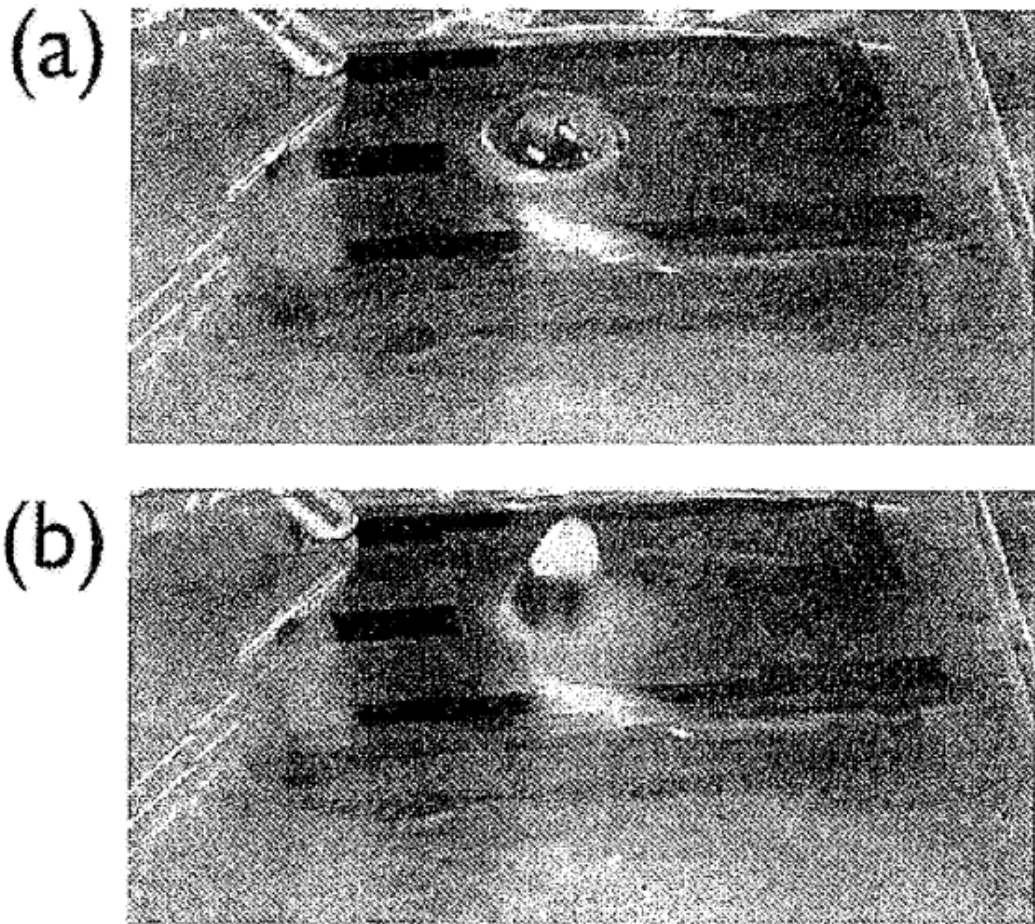


Fig. 7

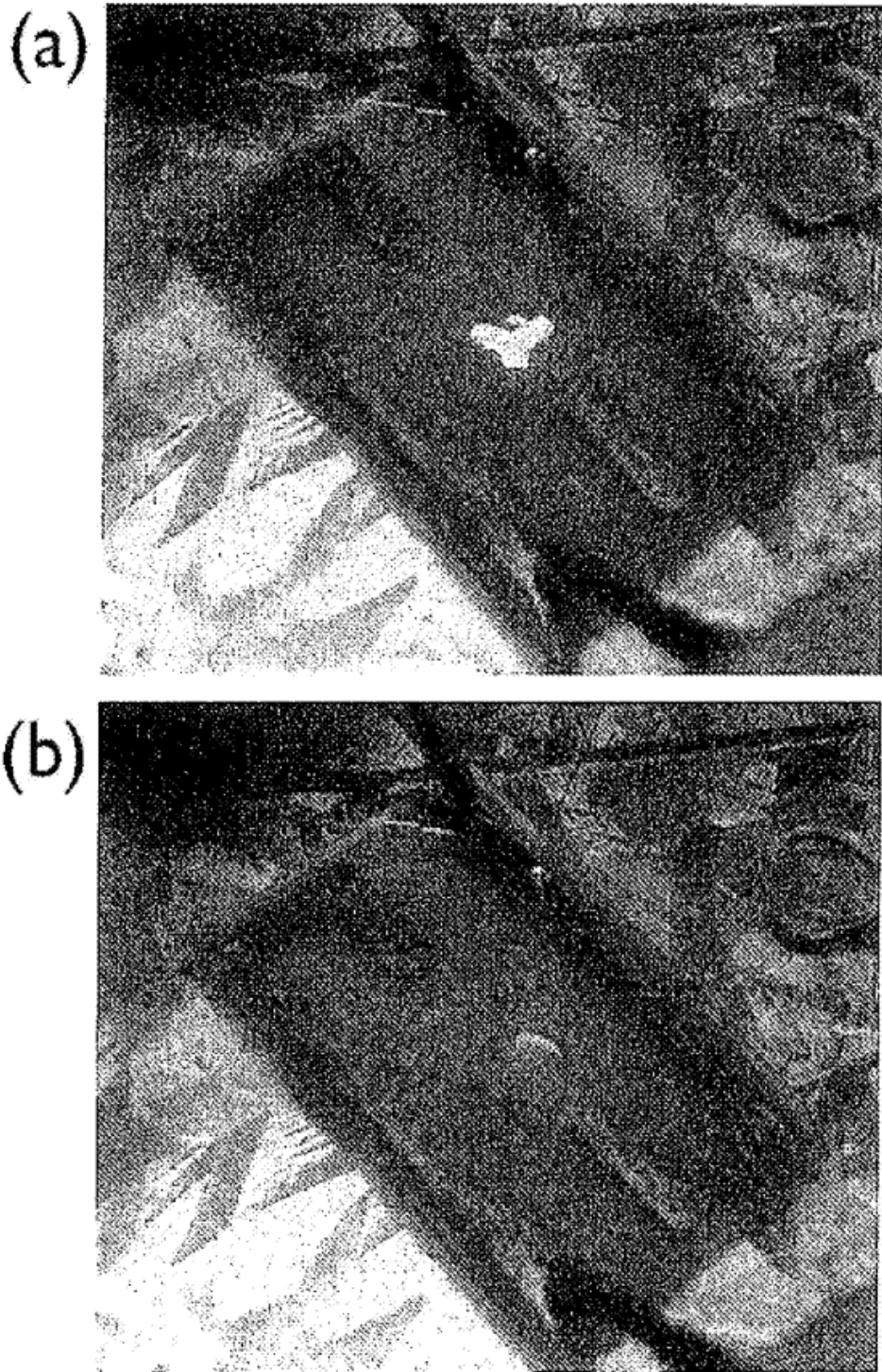


Fig. 8

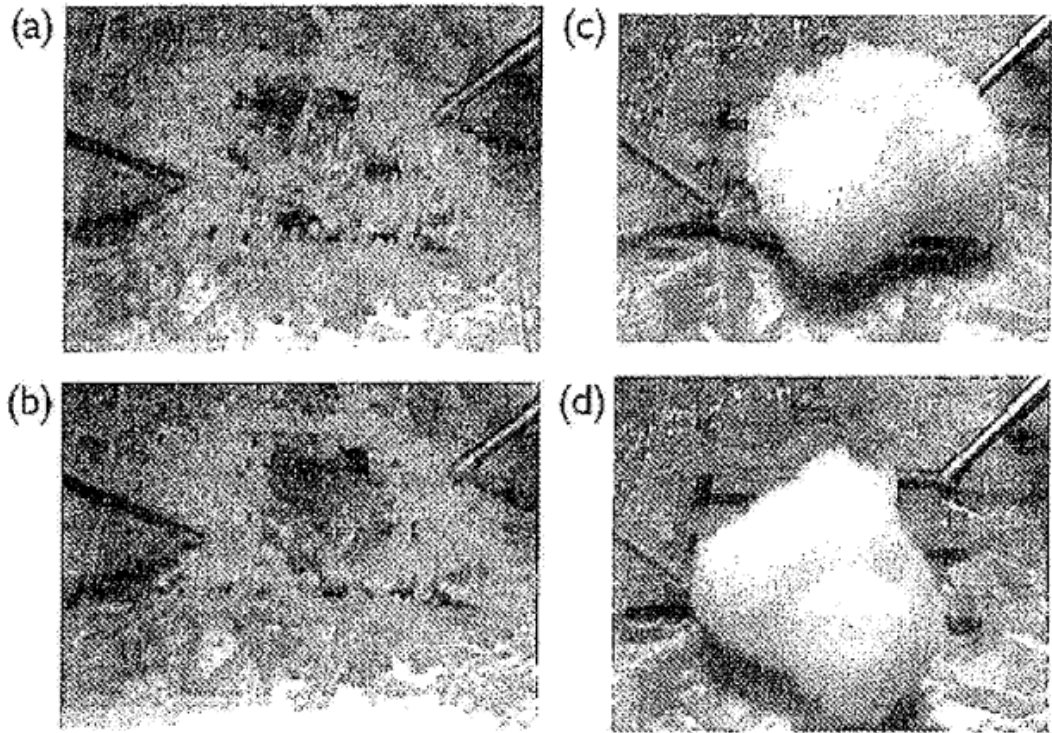


Fig. 9

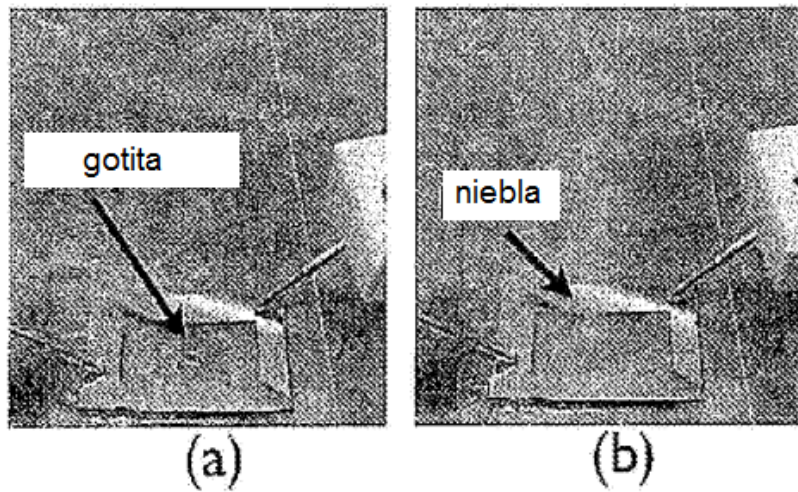


Fig. 10

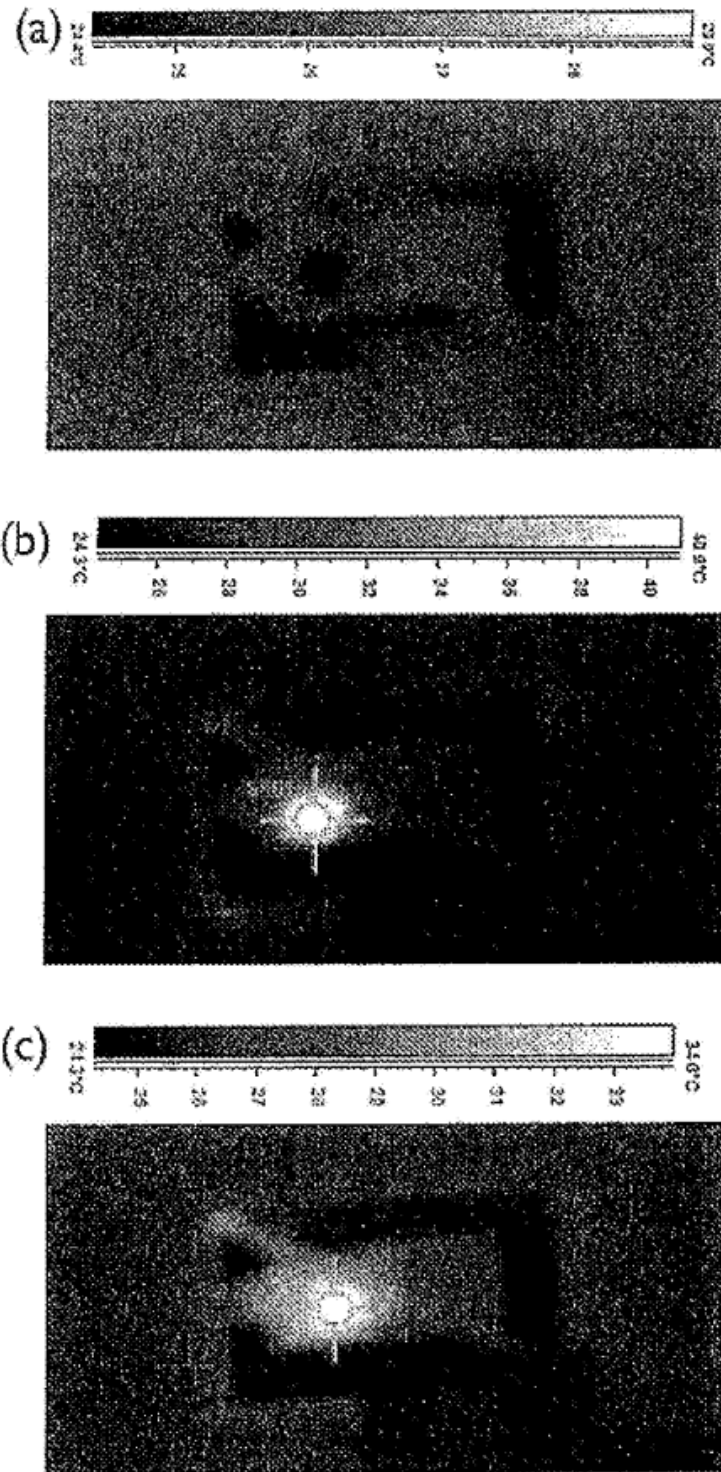


Fig. 11

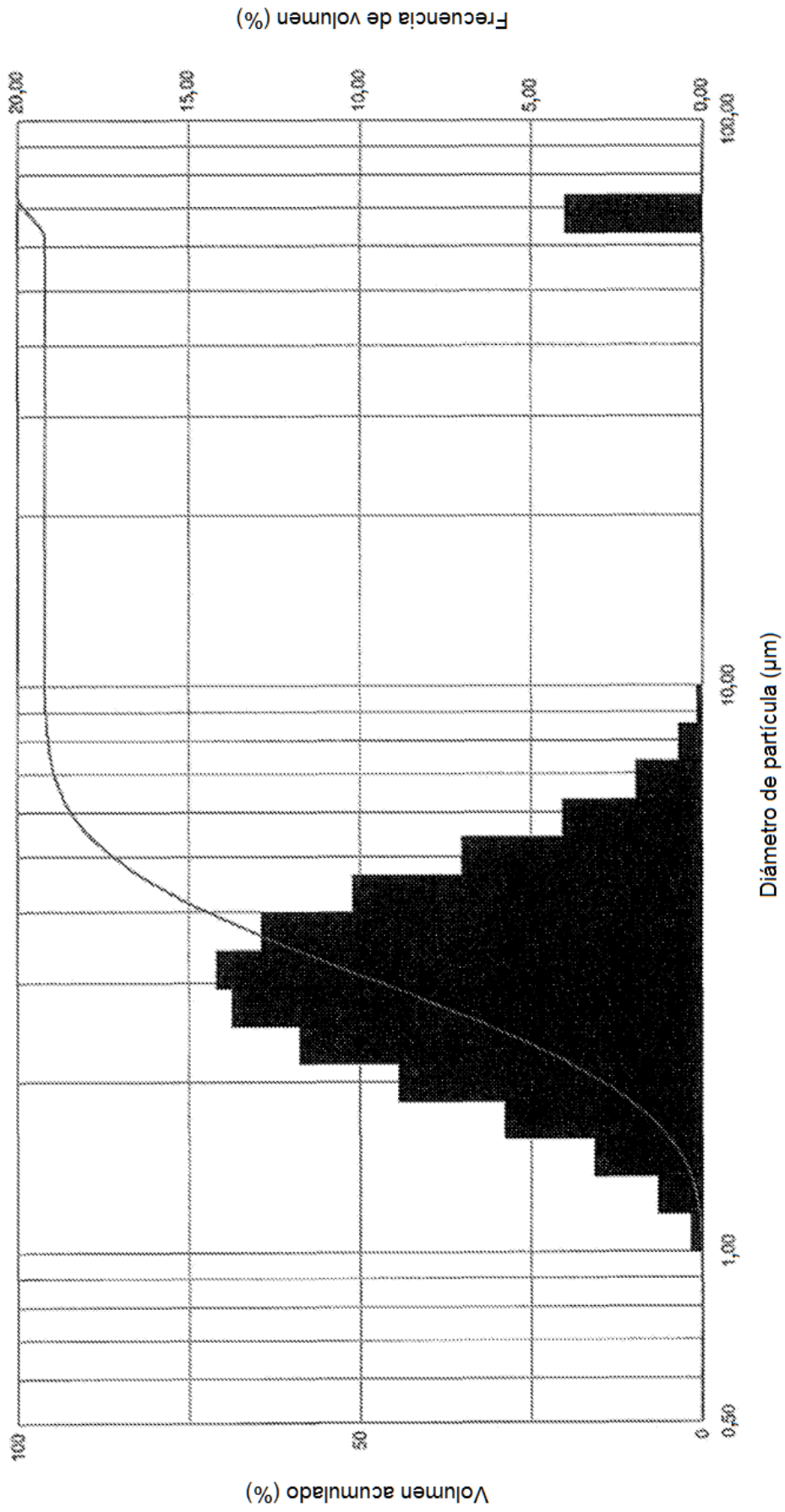


Fig 12

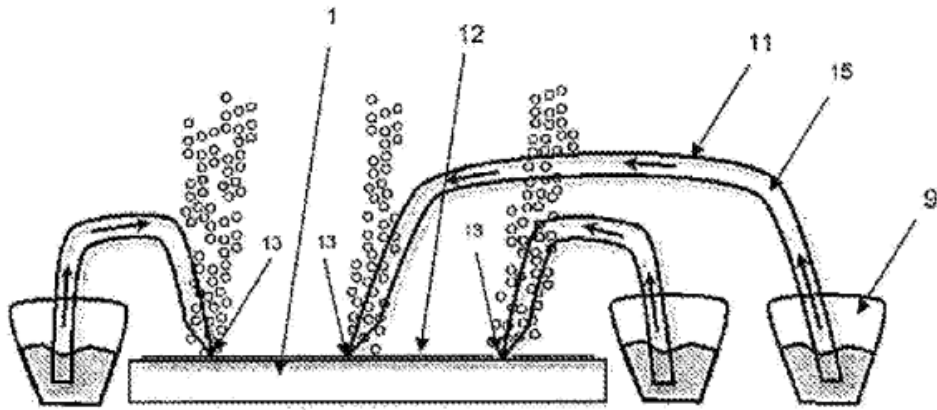


Fig. 13