

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 363**

51 Int. Cl.:

A61M 11/00 (2006.01)
A61L 9/14 (2006.01)
B05B 17/06 (2006.01)
B06B 1/06 (2006.01)
A61M 15/00 (2006.01)
B05B 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2014** **PCT/IB2014/059321**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.09.2014** **WO14132228**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2014** **E 14757421 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2022** **EP 2961454**

54 Título: **Aparato de atomización que usa la generación de ondas acústicas superficiales**

30 Prioridad:

01.03.2013 AU 2013900690

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
25.10.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FRIEND, JAMES;
YEO, LESLIE y
QI, AISHA**

74 Agente/Representante:

GARCÍA GONZÁLEZ, Sergio

ES 2 926 363 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

Aparato de atomización que usa la generación de ondas acústicas superficiales

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a aparatos de atomización de líquidos y, en particular, a aparatos que usan la generación de ondas acústicas superficiales (SAW) para atomizar líquidos. Si bien la presente invención se describirá con referencia a su uso en aplicaciones médicas, debe apreciarse que la invención no se limita a esta aplicación y que también se contemplan otras aplicaciones.

Antecedentes de la invención

La terapia de inhalación se utiliza para administrar sustancias farmacéuticas o de otro tipo en los pulmones de los pacientes. Para que la terapia de inhalación sea eficaz, el líquido que contiene la sustancia a administrar debe atomizarse para producir gotitas de líquido de un tamaño que permita que las gotitas se inhalen fácilmente y se depositen dentro de los pulmones del paciente. Las gotitas deben tener menos de 5 μm para el depósito en los pulmones profundos y ser de mayor tamaño si se requiere un depósito más alto en las vías respiratorias.

Los aparatos de atomización que utilizan la propagación de ondas acústicas superficiales (SAW) para atomizar líquido se han considerado para su uso en la terapia de inhalación. Esto se debe a que potencialmente pueden proporcionar diseños que son portátiles y permiten un mayor control de la tasa de atomización y el tamaño de las gotas. Estos aparatos normalmente incluyen un sustrato piezoeléctrico que tiene una superficie de trabajo superior y un transductor interdigital ubicado en la superficie de trabajo superior. La aplicación de potencia de RF al transductor interdigital da como resultado la generación de ondas acústicas superficiales en la superficie de trabajo superior. El líquido a atomizar se suministra a la superficie de trabajo superior. Si bien la amplitud de la vibración de la superficie de la SAW es solo del orden de 1 nm, la SAW generalmente se activa con una frecuencia superior a 10 MHz. Esto da como resultado una aceleración de hasta 10^7 m/s^2 , lo que lleva a una fuerte actuación del líquido cuando la SAW se encuentra con el líquido soportado sobre la superficie de trabajo. La aceleración es suficiente para superar la tensión capilar-viscosa dentro del líquido y para romper la onda capilar generada en el líquido en aerosoles de tamaño micrométrico. Esto es lo que se conoce como atomización por SAW.

La Publicación Japonesa Núm. 2008-104966 (Seiko Epson Corp) describe un aparato de atomización por SAW que usa un miembro poroso en contacto con la superficie de trabajo superior de un actuador con SAW para suministrar líquido a esa superficie de trabajo superior para la atomización. El miembro poroso actúa como una mecha para sacar líquido de un depósito a la superficie de trabajo superior.

La publicación internacional núm. WO 2010/129904 (Universidad de Monash) describe un aparato de atomización por SAW que es particularmente aplicable para uso en terapia de inhalación. Se utiliza un transductor interdigital de tipo EWC-SPUDT para enfocar la SAW generada en la superficie de trabajo superior del sustrato piezoeléctrico en un punto de enfoque que conduce a una mayor eficiencia de atomización. El líquido a atomizar se suministra directamente a la superficie de trabajo del actuador por SAW a través de una fina mecha de papel en contacto con la superficie de trabajo. El líquido suministrado a la superficie de trabajo forma un menisco líquido en el borde de la mecha de papel a partir del cual puede tener lugar la atomización. Los documentos WO2012/063374 y WO2010/129994 divulgan un aparato para atomizar líquido que genera SAW y una disposición de suministro de líquido que incluye un miembro poroso en contacto con un borde periférico de un sustrato piezoeléctrico.

Los solicitantes han descubierto que en los aparatos de atomización que utilizan generación de SAW, el suministro de fluido directamente a la superficie de trabajo puede conducir a una pérdida total de energía que limita la eficiencia energética operativa del aparato. Esto se debe a que el líquido suministrado a la superficie de trabajo del actuador por SAW participa en la vibración de la superficie de trabajo antes de romperse en gotas de líquido atomizadas. El líquido, antes de la atomización, por lo tanto, absorbe parte de la energía asociada con la SAW generada, lo que limita la eficiencia energética operativa del aparato. Además, los resultados han demostrado que parte de la energía de SAW es absorbida por los primeros 1 a 3 mm de la mecha en la interfaz de la mecha con el menisco líquido.

Debido a la limitación en la eficiencia energética operativa de dicho aparato de atomización, se necesita aplicar una potencia relativamente alta, típicamente alrededor de 3 a 6 vatios, al transductor interdigital del actuador de SAW para que funcione correctamente. Esto puede conducir a un alto calentamiento localizado en el transductor que puede contribuir a la falla prematura del aparato.

Sería ventajoso proporcionar un aparato de atomización con una eficiencia energética operativa mejorada en comparación con los diseños de la técnica anterior.

También es preferentemente ventajoso proporcionar un aparato de atomización que tenga una fiabilidad mejorada en comparación con los diseños de la técnica anterior.

Con esto en mente, la presente invención proporciona un aparato para atomizar líquido, de acuerdo con la divulgación de la reivindicación 1.

Como se señaló anteriormente, los solicitantes han encontrado que el líquido suministrado directamente a la superficie de trabajo utilizando una mecha en contacto con la superficie de trabajo también participará en la vibración de esa superficie de trabajo antes de la atomización, lo que resultará en una pérdida de energía y, por lo tanto, limitará la eficiencia energética operativa general del aparato de atomización. Esta pérdida de energía se evita según la presente invención al no suministrar el líquido a atomizar directamente a la superficie de trabajo usando una mecha en contacto con esa superficie. El sustrato piezoeléctrico normalmente tiene una configuración plana con una superficie de trabajo superior y superficies de borde periférico que se extienden a lo largo de la periferia de la superficie piezoeléctrica. Por tanto, la superficie del borde periférico se extiende formando un ángulo, normalmente de unos 90 grados, con respecto al plano de la superficie de trabajo. El borde periférico del sustrato piezoeléctrico está ubicado donde la superficie del borde periférico se encuentra con la superficie de trabajo superior del sustrato piezoeléctrico. La interacción de la SAW en el borde periférico con el líquido suministrado por el miembro poroso conduce a la formación de una fina capa de líquido que tiene un área de menisco relativamente grande a partir de la cual puede producirse la atomización del líquido. La excitación con SAW en el borde periférico del sustrato piezoeléctrico da como resultado que se extraiga líquido del miembro poroso sobre la superficie de trabajo. Limitar el área de contacto del miembro poroso al borde periférico del sustrato piezoeléctrico limita la energía SAW que es absorbida por el miembro poroso ayudando a minimizar la pérdida de energía del aparato.

Los solicitantes han estudiado los mecanismos de flujo de fluidos que ayudan a impulsar los movimientos del líquido dentro del aparato de atomización por SAW. El solicitante entiende que el mecanismo dominante que impulsa el movimiento del líquido dentro de una fina capa límite adyacente a la superficie de trabajo es el flujo "Schlichting" (o flujo de la capa límite). Este mecanismo impulsa el movimiento del líquido dentro de la delgada capa límite a través de un corte viscoso que da como resultado un movimiento neto del líquido hacia la fuente de la radiación con SAW. Esto da como resultado que se extraiga líquido del miembro poroso para formar una capa de líquido sobre la superficie de trabajo adyacente al borde periférico, la capa de líquido tiene un menisco de líquido a partir del cual puede tener lugar la atomización.

De acuerdo con la invención, el grosor de la capa de líquido formada sobre la superficie de trabajo adyacente al borde periférico es similar o igual al grosor de la capa límite producida inmediatamente sobre la superficie de trabajo donde el líquido interactúa directamente con la vibración de SAW. Por lo tanto, esto permite que el mecanismo de flujo de Schlichting domine el impulso del líquido dentro de la capa de líquido. La ventaja que aporta es que este limita o impide la aparición de lo que se conoce como transmisión de "Eckart" dentro del menisco. La transmisión de Eckart actúa para impulsar el flujo en la mayor parte del líquido en la dirección de la generación de SAW y, por lo tanto, en oposición a la transmisión de Schlichting. Esto puede dar como resultado la producción de aerosoles de un tamaño grande y, por lo tanto, insatisfactorio, por ejemplo, de más de 100 µm de diámetro.

El grosor de la capa límite será generalmente el mismo que la longitud de onda de la SAW que se propaga a través del líquido. Esta longitud de onda se puede determinar utilizando la siguiente ecuación:

$$\lambda_f = \frac{c_f}{f} = 50 \mu m$$

donde

λ_f es la longitud de onda de la SAW generada en la superficie de trabajo

c_f es la velocidad de desplazamiento de la SAW en el agua, que es de 1482 m/s; y

f es la frecuencia de funcionamiento que es, por ejemplo, de 30 MHz.

Por lo tanto, la capa límite puede tener un grosor de aproximadamente 50 µm, y el grosor máximo de la capa de líquido es entonces preferiblemente igual o inferior a 50 µm. Esto es difícil de producir utilizando una mecha en contacto directo con la superficie de trabajo como en el aparato de atomización por SAW de la técnica anterior, ya que la mecha debe tener un grosor limitado a 50 µm o menos para permitir que se produzca una capa de líquido de ese grosor. Esto se puede lograr, de acuerdo con un aspecto preferido de la invención, colocando el miembro poroso en relación con el borde periférico de manera que una superficie superior del miembro poroso esté separada de la superficie de trabajo a una distancia que generalmente corresponde al grosor deseado de la capa de líquido. A continuación, se extrae el líquido de la porción del miembro poroso que se extiende por encima del borde periférico para formar así una capa de líquido sobre la superficie de trabajo que tiene el grosor deseado. Por lo tanto, no es necesario limitar el grosor del miembro poroso como se requeriría cuando una mecha porosa estuviera en contacto con la superficie de trabajo.

El miembro poroso se puede formar preferiblemente a partir de material de celulosa porosa que proporciona un suministro controlado de líquido. El miembro poroso puede, por ejemplo, estar fabricado de hidroxipropilcelulosa (HPC) biodegradable. El miembro poroso puede tener una forma que permita que un extremo del miembro poroso pueda estar en contacto con al menos un punto en dicho borde periférico del sustrato piezoeléctrico. Alternativamente, el

miembro poroso puede estar en contacto con una longitud del borde periférico. La SAW puede enfocarse en la parte del borde periférico en contacto con el miembro poroso. La forma y el tamaño de los poros dentro del miembro poroso pueden actuar para controlar el caudal de líquido hacia el borde periférico. El extremo opuesto del miembro poroso puede estar soportado dentro de un recipiente que contenga el líquido a atomizar. El extremo del miembro poroso dentro del contenedor de líquido puede ubicarse dentro de un elemento de soporte formado a partir del material absorbente. Este elemento de soporte, además de soportar el miembro poroso, también ayuda a transferir líquido desde el recipiente al miembro poroso.

Los transductores interdigitales (IDT) suelen incluir un electrodo positivo y un electrodo negativo. Los dedos de electrodos se extienden respectivamente desde los electrodos positivo y negativo, los dedos de electrodos se sitúan en una relación entrelazada sobre la superficie de trabajo del sustrato piezoeléctrico. Los IDT del aparato según la presente invención puede ser preferiblemente un transductor unidireccional monofásico (SPUDT). El uso de un SPUDT proporciona ventajas sobre los IDT tradicionales. En un actuador por SAW que usa un IDT tradicional, la SAW se propaga tanto hacia adelante como hacia atrás en la superficie de trabajo. Esto se debe a que la SAW se refleja de regreso al IDT desde el borde del actuador por SAW. Estos reflejos interfieren con la SAW que se mueve hacia adelante, lo que provoca una pérdida considerable de energía de la SAW. En comparación, la SAW generada a partir de un SPUDT se propaga en una sola dirección solamente. Esto se logra superponiendo dedos reflectores sintonizados internamente entre cada par de dedos de electrodos. Estos dedos reflectores pueden formarse como dedos de electrodos que se extienden desde al menos uno de los electrodos. La colocación de estos dedos reflectores mejora la SAW en la dirección de avance y suprime la SAW en la dirección de retroceso. Por lo tanto, se pierde menos energía de la SAW usando un SPUDT y se reduce el riesgo de interferencia de reflejos.

Dichos SPUDT también pueden diseñarse para concentrar la energía de la SAW generada en un área predeterminada de la superficie de trabajo curvando los dedos, preferiblemente a lo largo de una curva elíptica. Por lo tanto, el SPUDT puede enfocar la SAW en un área inmediatamente adyacente a dicha superficie de borde periférico del sustrato piezoeléctrico. El área de enfoque puede ubicarse preferiblemente inmediatamente adyacente donde el miembro poroso está en contacto con la superficie del borde periférico. Alternativamente, la SAW puede enfocarse a lo largo de una línea alineada con la superficie del borde periférico en contacto con el miembro poroso.

El SPUDT puede ser preferentemente del tipo DART-SPUDT. Un DART-SPUDT tiene varias ventajas sobre otros SPUDT conocidos, incluyendo el electrodo EWC-SPUDT descrito en la Publicación Internacional Núm. WO 2010/299904 antes mencionada. En los SPUDT, el ancho de cada dedo del electrodo, incluidos los dedos del reflector, es una función de la longitud de onda (λ) generada por el electrodo. En un DART-SPUDT, los dedos reflectores tienen un ancho de $3/8 \lambda$, mientras que los dedos reflectores de un EWC-SPUDT tienen un ancho de $1/4 \lambda$. Además, los dedos reflectores de un Hanma-SPUDT tienen un ancho de $3/16 \lambda$. Los dedos reflectores de un EWC-SPUDT y un Hanma-SPUDT son, por lo tanto, más estrechos que los dedos reflectores de un DART-SPUDT. La ventaja de tener un electrodo con un ancho de dedo reflector relativamente más ancho es que esto reduce el efecto de la resistencia del electrodo y el calentamiento Joule, reduciendo así la potencia requerida para aplicar a los electrodos y reduciendo el calentamiento localizado del transductor. Además, el coste de producir los transductores interdigitales sobre el sustrato piezoeléctrico utilizando procesos de fabricación como la fotolitografía se reduce significativamente en comparación con los transductores interdigitales que tienen dedos de electrodos más estrechos. Además, la cantidad de actuadores por SAW que deben rechazarse debido a transductores interdigitales defectuosos se reduce significativamente.

El Solicitante también ha identificado que el grosor de la capa metálica que forma el IDT desempeña un papel importante en la reducción de la pérdida de potencia. Se ha encontrado que los IDT que tienen un grosor de al menos el 1 % de la longitud de onda de SAW, y preferiblemente entre el 1 y el 5 % de la longitud de onda de SAW, son más eficientes para suministrar energía al sustrato piezoeléctrico. Los IDT normales tienen un grosor significativamente menor que este. Por lo tanto, utilizando la ecuación mencionada anteriormente, el grosor del IDT puede estar entre 1,32 y 6,6 μm , donde la velocidad de desplazamiento de la SAW es de 3965 m/s en el sustrato piezoeléctrico y la frecuencia de funcionamiento del actuador por SAW es de 30 MHz. Hay una serie de ventajas proporcionadas por el grosor adicional del IDT. En primer lugar, este reduce la resistencia y, en consecuencia, la impedancia del IDT, mejorando así la eficiencia del actuador por SAW. Esto es particularmente crítico cuando el aparato de atomización funciona con batería. Otra ventaja es que la temperatura del actuador por SAW se reduce significativamente, típicamente de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 50 °C. Esto es particularmente importante cuando se trata de líquidos que transportan productos químicos y biológicos, ya que tales líquidos no pueden soportar altas temperaturas. Por ejemplo, las células madre no pueden soportar altas temperaturas, pero pueden administrarse utilizando el aparato de atomización según la presente invención. La temperatura operativa reducida también mejora la fiabilidad de funcionamiento del aparato de atomización. Esto se debe a que el calentamiento localizado en el IDT contribuye directamente a la falla prematura del dispositivo. Además, el mayor grosor del IDT es útil en el caso de los transductores de tipo SPUDT, ya que ayuda a bloquear los reflejos SAW que viajan en la dirección inversa.

En los aparatos de atomización de la técnica anterior que usan actuación por SAW, la potencia requerida para lograr la atomización es de aproximadamente 3 a 6 vatios, la tensión de entrada es tan alta como de 60 V pico a pico ($-20 V_{\text{RMS}}$). En comparación, la presente invención puede lograr preferiblemente la atomización con una potencia muy reducida de 0,5-3 vatios, con la tensión de entrada también en un rango mucho más bajo y más seguro de solo aproximadamente 30 voltios pico a pico ($-10 V_{\text{RMS}}$). Esto se debe en gran parte al grosor del IDT utilizado que reduce

la resistencia y, en consecuencia, la impedancia del actuador por SAW mejorando la eficiencia del aparato como se explicó anteriormente. Los requisitos de menor potencia y tensión son importantes para que los dispositivos de consumo ayuden a cumplir con las normas de seguridad actuales. Se ha encontrado que se puede lograr una velocidad de atomización de más de 200 $\mu\text{l}/\text{min}$ con la potencia y la tensión mencionados anteriormente en un aparato según la presente invención. En comparación, los aparatos de la técnica anterior necesitan hasta 20 V_{RMS} para lograr la misma velocidad.

Cabe señalar que términos tales como "superior" y "lateral" se usan para describir las posiciones relativas de las características de la presente invención y, por lo tanto, se relacionan con una orientación específica del aparato de atomización. Como el aparato de atomización también se puede usar en orientaciones alternativas, el uso de los términos mencionados anteriormente no pretende limitar el alcance de la invención a esa orientación específica.

La temperatura operativa más baja del aparato de atomización según la presente invención y, por lo tanto, la temperatura más baja de los aerosoles/gotitas producidos permite el suministro de sustancias biológicas tales como las células madre a las que se hizo referencia anteriormente, que de otro modo se dañarían si se exponen a la temperaturas operativas más altas de aparatos de la técnica anterior menos eficientes. Sin embargo, el aparato de atomización también se puede usar en otras aplicaciones, como la atomización de líquidos que contienen sustancias aromáticas y productos químicos y farmacéuticos, como antibióticos, para su administración en una sola o varias habitaciones de un edificio. Otros usos potenciales del aparato incluyen el suministro de sustancias aromáticas, como perfumes y aromas, tanto para su aplicación en una persona como para las habitaciones. También es posible que el aparato se use para administrar sustancias cosméticas, atomizadores para la boca y la garganta de una persona, atomizadores con sustancias limpiadoras, esterilizantes y antialérgicas, o productos químicos agrícolas tales como herbicidas, fungicidas, insecticidas y fertilizantes. También se prevén otras aplicaciones del aparato de atomización según la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

Será conveniente describir adicionalmente la invención con referencia a los dibujos adjuntos que ilustran una realización preferida de la presente invención. Son posibles otras realizaciones y, en consecuencia, la particularidad de los dibujos adjuntos no debe entenderse como que reemplaza la generalidad de la descripción anterior de la invención.

En los dibujos:

la Figura 1 es una vista superior esquemática de un aparato de atomización según la presente invención;

la Figura 2 muestra respectivamente una vista en planta y una vista en sección transversal detallada de un electrodo interdígital del aparato de atomización de la Figura 1; y

la Figura 3 es una vista lateral detallada del aparato de atomización de la Figura 1 que muestra la disposición de suministro de líquido del aparato de la Figura 1; y

la Figura 4 es una vista esquemática detallada del área de contacto del borde periférico del sustrato piezoeléctrico y el miembro poroso del aparato de atomización de la Figura 1.

Descripción detallada de la invención

Haciendo referencia inicialmente a la Figura 1, el aparato de atomización por SAW según la presente invención incluye un sustrato piezoeléctrico 1 que normalmente se forma a partir de niobato de litio (LiNbO_3). A diferencia de los materiales piezoeléctricos más utilizados, como el titanato de plomo (PZT), el LiNbO_3 no contiene plomo y, por lo tanto, es seguro de usar en aplicaciones médicas. El sustrato piezoeléctrico 1 tiene una superficie de trabajo superior 3 a través de la cual se puede generar una SAW. Un borde periférico 7 se extiende a lo largo de la periferia exterior del sustrato piezoeléctrico 1.

Un transductor interdígital, preferiblemente del tipo DART-SPUDT, se ubica en la superficie de trabajo 3. El transductor interdígital 2 incluye un electrodo positivo 5 y un electrodo negativo 4, con dedos de electrodo 6 que se extienden respectivamente desde los electrodos positivo y negativo. Los dedos de electrodo 6 de cada electrodo 4, 5 están ubicados en una relación entrelazada. La aplicación de una señal eléctrica al elemento transductor 2 da como resultado la generación de una SAW a través de la superficie de trabajo 3 del sustrato piezoeléctrico 1.

El líquido 10 a atomizar se aloja dentro de un contenedor de líquido 9. Un miembro poroso 8 se extiende desde el contenedor de líquido 9, con un extremo del miembro poroso en contacto con el borde periférico 7 del sustrato piezoeléctrico 1. El otro extremo del miembro poroso 8 está soportado por un elemento de soporte absorbente 16 ubicado dentro del contenedor de líquido 9. El elemento de soporte 16 (como se muestra en la Figura 3), además de soportar el miembro poroso 8, también facilita la transferencia del líquido 10 desde el recipiente 9 hasta el miembro poroso 8. El miembro poroso puede, por ejemplo, estar fabricado de un polímero de celulosa como la

hidroxipropilcelulosa biodegradable (HPC). También se contempla el uso de otros materiales hidrofílicos para el miembro poroso 8.

Con referencia ahora a la Figura 2 que proporciona una vista detallada del transductor interdigital 2, los dedos de electrodo 6 pueden tener una configuración curva elíptica o circular. Esta disposición permite que la energía de la SAW generada se dirija a un área predeterminada en el borde periférico 7. En el aparato de atomización por SAW según la presente invención, la SAW se puede dirigir a un área inmediatamente adyacente a donde el miembro poroso 8 está en contacto con el borde periférico 7. También se contempla que los dedos del electrodo 6 sean rectos, en cuyo caso la SAW generada puede dirigirse a lo largo de una línea que se extiende paralela al borde periférico 7 en contacto con el miembro poroso 8.

Extendiéndose desde el electrodo negativo 4 hay dedos reflectores 13 que son más anchos que los otros dedos de electrodos 12, 14. El propósito de los dedos reflectores 13 es evitar que los reflejos de la SAW en dirección inversa a la SAW se propaguen desde el transductor DART-SPUDT 2, minimizando así la pérdida de energía de la SAW generada. Un transductor DART-SPUDT 2 se diferencia de otros transductores SPUDT, por ejemplo de tipo EWC-SPUDT o Hanma-SPUDT, en que los dedos reflectores 13 tienen un ancho de $3/8 \lambda$ como se muestra en la Figura 2, siendo λ la longitud de onda de la SAW generada. En comparación, un EWC-SPUDT tiene dedos reflectores con un ancho de $1/4 \lambda$ y un Hanma-SPUDT tiene dedos reflectores con un ancho de $3/16 \lambda$. Por lo tanto, los transductores DART-SPUDT tienen los dedos reflectores más anchos de estos tipos de SPUDT. El uso de SPUDT más grandes tiene la ventaja de reducir los efectos de la resistencia del electrodo y el calentamiento Joule. Otra ventaja de tener transductores interdigitales de mayor tamaño es que es más fácil depositar el transductor 2 sobre el sustrato piezoeléctrico 1 usando técnicas fotolitográficas. Por lo tanto, el transductor 2 puede depositarse con mayor precisión, lo que conduce a una menor tasa de defectos para estos transductores.

La figura 2 muestra con más detalle la configuración de un transductor DART-SPUDT. El electrodo positivo 5 tiene un dedo de electrodo 14 con un ancho de $1/8 \lambda$, el dedo de electrodo positivo 14 está ubicado y alineado con un dedo de electrodo negativo 12, y un dedo reflector 13 que se extiende desde el electrodo negativo 4. Los dedos de electrodo positivo y negativo 12, 14 y el dedo reflector 13 están separados respectivamente una distancia de $1/8 \lambda$.

Como también se muestra en la Figura 2, el grosor del transductor interdigital 2 puede ser superior al 1 % de λ , siendo λ la longitud de onda de SAW. Se prefiere que el grosor del transductor interdigital 2 esté entre 1 y 5 % λ . El transductor 2 tiene por tanto un grosor superior al grosor de los transductores interdigitales tradicionales. El mayor grosor de los dedos de electrodos 6 da como resultado una impedancia relativa más baja a través del transductor 2, mejorando así la eficiencia del aparato de atomización por SAW. La eficiencia mejorada significa que se necesita aplicar una cantidad relativamente menor de potencia al transductor 2 para que funcione correctamente. Esto además reduce la temperatura local de los aerosoles que salen del aparato a aproximadamente 50 °C.

La SAW generada dentro de la superficie de trabajo 3 se mueve en una dirección general hacia el borde periférico 7 en contacto con el miembro poroso 8. Cuando la SAW alcanza el borde periférico de la superficie de trabajo 3, un fenómeno físico conocido como flujo de Schlichting actúa para extraer líquido 10 del miembro poroso 8. El resultado de este fenómeno de flujo de Schlichting es que el líquido intentará moverse hacia la fuente de la SAW. Esto da como resultado una acumulación de líquido, en una fina capa de líquido 11 adyacente al borde periférico 7. Esta fina capa de líquido 11 puede extenderse a través de la superficie de trabajo 3 desde el borde periférico 7. La fina capa de líquido 11 también puede extenderse sobre la superficie superior 8a del miembro poroso 8 como se muestra en la Figura 3. Este volumen de líquido forma un menisco de líquido 11a a partir del cual se generan las gotitas de líquido atomizado.

La Figura 4 muestra con más detalle la configuración del aparato de atomización donde el miembro poroso 8 entra en contacto con el borde periférico 7 del sustrato piezoeléctrico 1. El borde periférico 7 está ubicado donde la superficie de trabajo 3 se encuentra con una superficie lateral 3a del sustrato piezoeléctrico 1. La figura 4 solo muestra el miembro poroso 8 en contacto con el sustrato piezoeléctrico 1 en el borde periférico 7. Sin embargo, también es posible que el miembro poroso 8 entre en contacto con la superficie lateral 3a del sustrato piezoeléctrico 1. El miembro poroso 8 está ubicado en relación con el borde periférico 7 de manera que la superficie superior 8a del miembro poroso 8 está separada una distancia fija 19 de la superficie de trabajo 3. Esta distancia 19 es preferiblemente igual o menor que el grosor de la capa límite que generalmente es igual a la longitud de onda de la SAW que se propaga a través de la superficie de trabajo 3. Esto ayuda a asegurar que el grosor máximo de la capa de líquido 11 que se extiende desde el borde periférico 7 sea similar al grosor de la capa límite. Esto ayudará a garantizar que el flujo de Schlichting domine el movimiento del líquido para que el líquido pueda extraerse del miembro poroso 8 para formar la capa de líquido 11, y que el líquido pueda atomizarse posteriormente a un tamaño óptimo desde el menisco 11a de esa capa de líquido 11.

Como solo se extrae una cantidad relativamente pequeña de líquido en cualquier momento sobre la superficie de trabajo, hay poca participación de ese volumen de líquido con la vibración SAW generada en la superficie de trabajo 3, lo que conduce a una pérdida de energía reducida del aparato de atomización en comparación con otros aparatos conocidos. Además, el contacto limitado del miembro poroso con el sustrato piezoeléctrico limita cualquier pérdida de energía SAW al ser absorbida por el miembro poroso. Esto da como resultado una eficacia energética operativa

mejorada para el aparato de atomización según la presente invención. Además, la temperatura reducida de los aerosoles/gotitas producidos por el aparato de atomización según la presente invención permite el suministro de sustancias biológicas, químicas o farmacéuticas más sensibles a la temperatura.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de atomización de líquido, que incluye un sustrato piezoeléctrico (1) que tiene una superficie de trabajo (3), y un borde periférico (7) que se extiende a lo largo de un lado de la superficie de trabajo (3), un transductor interdigital (2) ubicado en la superficie de trabajo (3) para generar ondas acústicas superficiales (SAW) en la superficie de trabajo, y una disposición de suministro de líquido que incluye un miembro poroso (8) para suministrar el líquido (10) a atomizar, en donde el miembro poroso está en contacto con el borde periférico (7) del sustrato piezoeléctrico (1); y **caracterizado porque** el miembro poroso (8) está posicionado con relación al borde periférico de tal manera que una superficie superior (8a) del miembro poroso (8) está separada una distancia (19) de la superficie de trabajo (3) igual o menor que un grosor de una capa límite ubicada inmediatamente adyacente a la superficie de trabajo dentro del líquido extraído del miembro poroso (8) por la SAW.
2. Un aparato de atomización de líquido según la reivindicación 1, en donde el transductor interdigital (2) es un DART-SPUDT.
3. Un aparato de atomización de líquido según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el transductor interdigital (2) tiene un grosor de al menos el 1% de la longitud de onda de la SAW.
4. Un aparato de atomización de líquido según la reivindicación 3, en donde el grosor del transductor interdigital (2) está entre el 1 y el 5 % de la longitud de onda de la SAW.
5. Un método de suministro de sustancias aromáticas utilizando un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
6. Un método de suministro de sustancias cosméticas utilizando un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
7. Un método de generación de aerosoles con sustancias limpiadoras, esterilizantes y antialérgicas utilizando un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
8. Un método de suministro de productos químicos agrícolas que incluyen herbicidas, fungicidas, insecticidas y fertilizantes utilizando un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

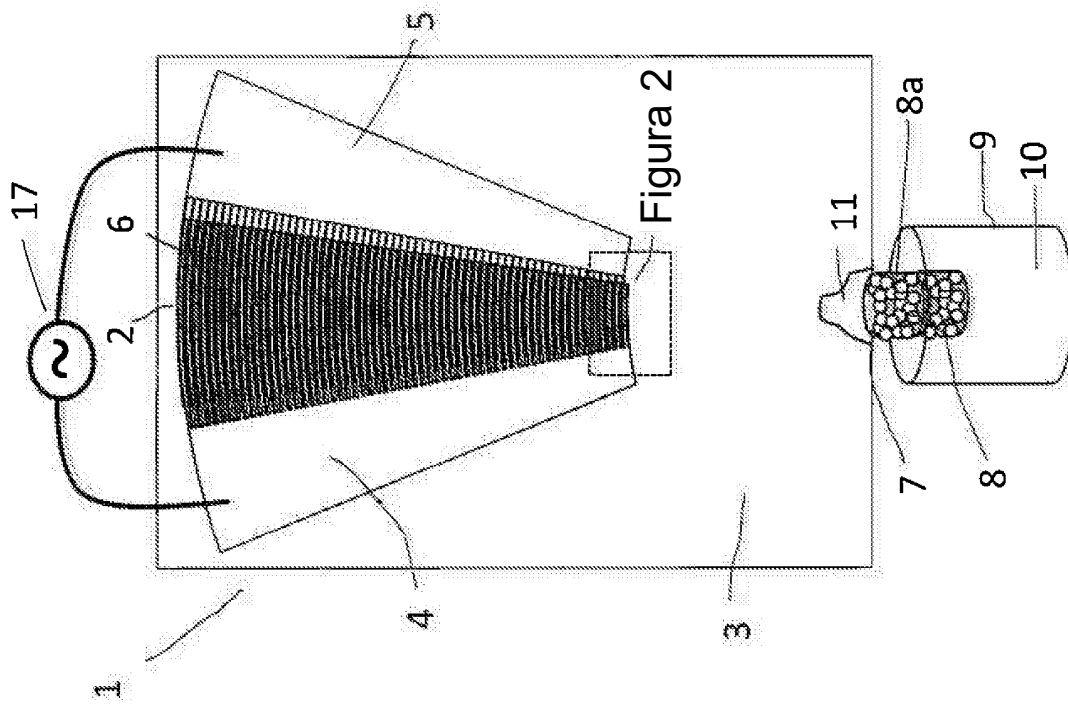


Figura 1

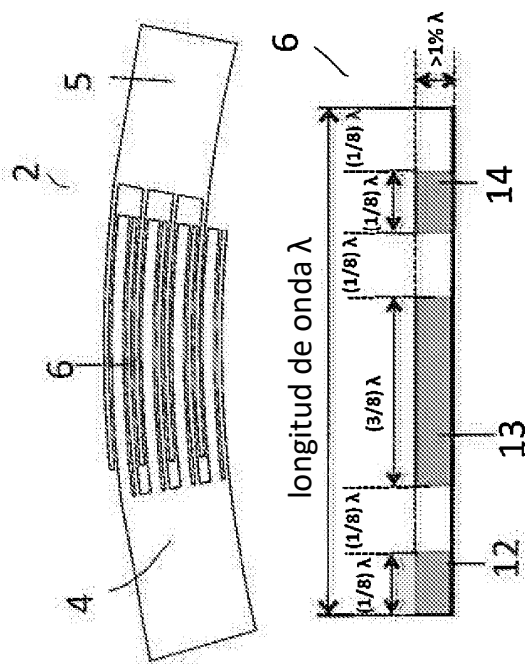


Figura 2

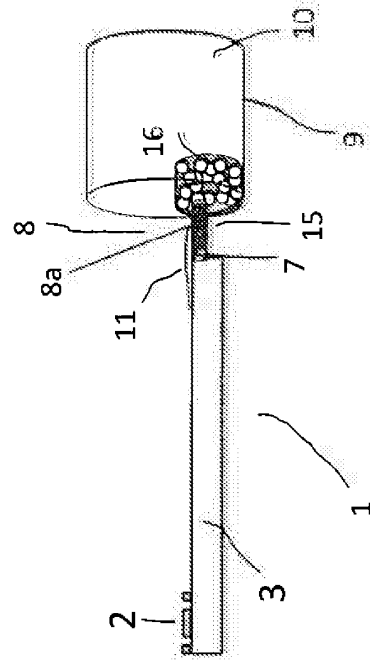


Figura 3

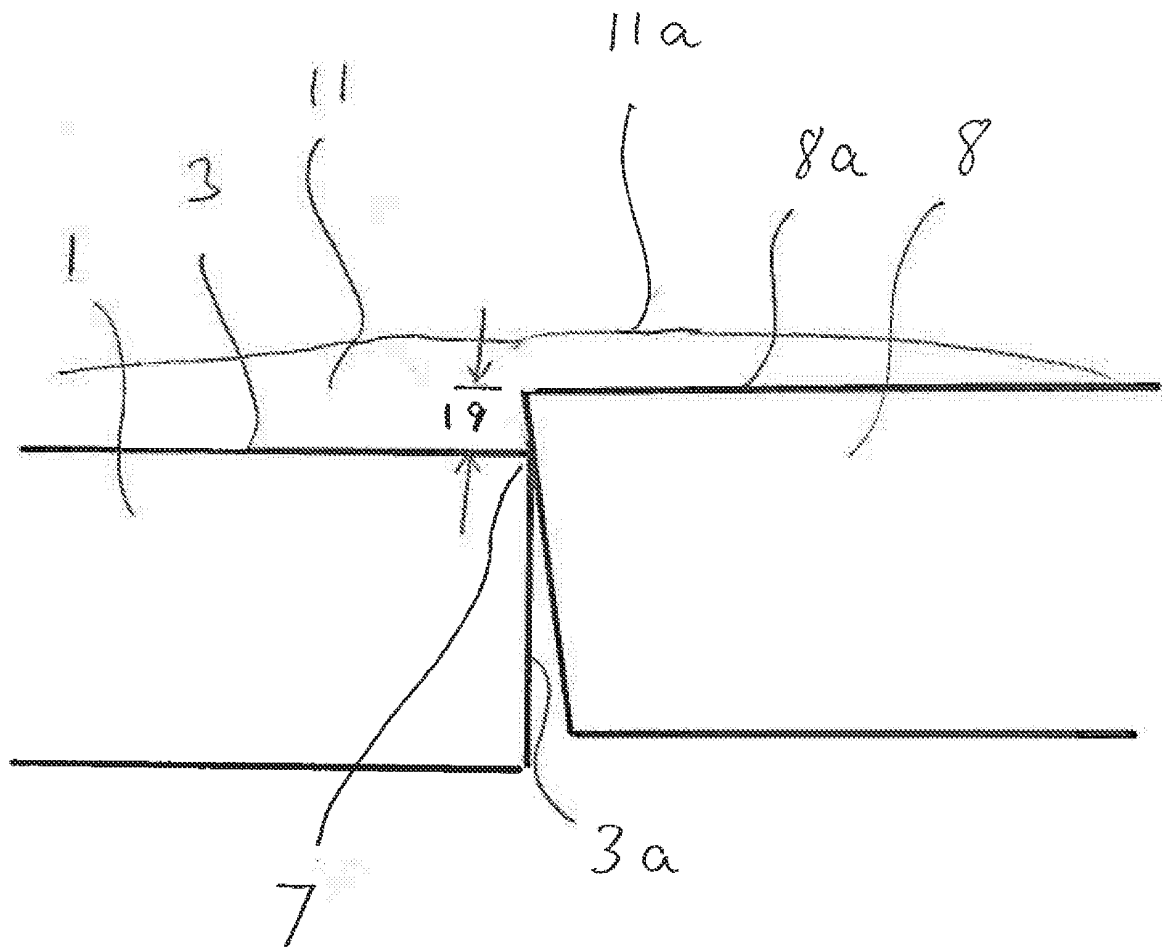


Figura 4