

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 905 602**

51 Int. Cl.:

B05B 17/04 (2006.01)

B41J 29/393 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.09.2013** **PCT/US2013/062304**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2014** **WO14052833**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2013** **E 13842239 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.11.2021** **EP 2900387**

54 Título: **Método y generador de gotitas uniformes de alta frecuencia**

30 Prioridad:

28.09.2012 US 201213630318

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

11.04.2022

73 Titular/es:

UNIVERSITY OF CONNECTICUT (50.0%)
Office of Economic Development MC-6400 263
Farmington Avenue
Farmington, Connecticut 06030-6400, US y
6K INC. (50.0%)

72 Inventor/es:

JORDAN, ERIC;
REDJDAL, MAKHLOUF y
HADIDI, KAMAL

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 905 602 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

Método y generador de gotitas uniformes de alta frecuencia

5 Campo de la divulgación

La presente divulgación se refiere a sistemas y métodos para producir gotitas uniformes. Más en particular, la presente divulgación se refiere a sistemas y métodos para producir gotitas uniformes utilizando un actuador piezoeléctrico.

10

Antecedentes de la divulgación

La demanda de recubrimientos y productos de partículas en polvo mejorados en el sector de la pulverización térmica ha sido implacable, ya que la tecnología sufre de falta de homogeneidad en la composición de las partículas de la solución inyectada. Una medida para conseguir la homogeneidad en los recubrimientos y productos de partículas tiene como objetivo producir repetidamente gotitas uniformes con un diámetro uniforme. El control preciso del tamaño de las gotitas de solución inyectadas en un sistema de pulverización térmica logra un control más preciso de la fusión de las partículas para una generación de polvo y recubrimientos buenos y mejorados. Los métodos de generación de gotitas que utilizan flujos capilares suponen el uso de un dispositivo piezoeléctrico que incide con un pulso de presión sobre las paredes de un recipiente de depósito lleno de una solución líquida. En general, uno de tales métodos es la imposición de una perturbación de la portadora sinusoidal modulada en amplitud en el dispositivo piezoeléctrico. Estos métodos generalmente suponen el uso de dispositivos piezoeléctricos ("piezoeléctrico") en contacto directo con la fuente de líquido. Un método supone el uso de un cristal oscilante en contacto directo con una fuente de líquido para transmitir una perturbación e iniciar la inestabilidad capilar responsable de la división del flujo en gotitas. La perturbación se impone en forma de compresión en la parte superior del volumen de líquido y se propaga aguas abajo hasta la boquilla capilar. Otro método transmite esta perturbación sobre la pared lateral de un líquido en columna contenido en un cilindro piezoeléctrico que se contrae radialmente, que empuja el líquido a través de una boquilla capilar y se dice que produce un flujo uniforme de gotitas. Estos métodos de generación de gotitas, en general, se limitan a un diámetro grande de gotitas y/o trabajan a frecuencias no superiores a 10 KHz.

Las aplicaciones de los aparatos de gotitas conocidas en la técnica tienen el piezoeléctrico en contacto directo con el líquido. Por ejemplo, en un diseño habitual de impresora, el piezoeléctrico se sumerge en el líquido de impresión y sirve como puerta para permitir o prohibir la salida de gotitas cuando el piezoeléctrico se estira o contrae bajo el accionamiento eléctrico. En otra aplicación, las oscilaciones piezoeléctricas se transmiten directamente al líquido para que el piezoeléctrico esté en contacto con el líquido o, si no está en contacto, la transmisión se realiza a través de una membrana elástica. Así mismo, el efecto de las oscilaciones conlleva solo un pequeño volumen de líquido directamente cerca de la boquilla.

El documento DE102008037299 divulga un dispensador para dispensar material líquido en forma de gota usando un actuador.

El documento US2012/0228526 divulga métodos y aparatos para producir EUV a partir de plasma.

El documento EP 2289437 divulga un dispositivo de eyección de fluidos y un método para controlar el dispositivo de eyección de fluidos.

El documento EP 2491875 divulga un dispositivo de eyección de fluidos.

El documento JP 2010059902 divulga una unidad de elemento piezoeléctrico y un dispositivo de inyección de fluidos.

El documento JP 2011143145 divulga un dispositivo de chorro de líquido.

55 Sumario de la divulgación

Según la presente invención en un primer aspecto, se proporciona un sistema para producir flujos de gotitas que tienen gotitas con un diámetro uniforme, como se indica en la reivindicación 1.

El sistema puede comprender: un circuito controlador de la electrónica para accionar un actuador piezoeléctrico que actúa como condensador, un amplificador operacional (OP-AMP), un nivel del transformador y un nivel de carga que tiene un inductor de choque. El inductor está en configuración en serie con un condensador piezoeléctrico. Esto tiene por objeto reducir los requisitos de corriente del actuador que opera solo agregando el inductor que, en el caso ideal, crea un circuito LC resonante con el actuador (condensador) a la frecuencia de accionamiento deseada. Se ha descubierto que, si no está este inductor, los requisitos actuales de la electrónica de accionamiento se vuelven cada vez más difíciles de cumplir a medida que aumenta la frecuencia. El circuito controlador de la electrónica comprende

un generador de señales.

Según la presente invención en un aspecto adicional, se proporciona un método para producir flujos de gotitas que tienen gotitas con un diámetro uniforme, como se indica en la reivindicación 11.

El método puede comprender, además: actuar el condensador actuador piezoeléctrico con una onda sinusoidal para producir perturbaciones en la membrana de separación y transmitir las perturbaciones, a través de la membrana de separación, hasta la solución del depósito de fluido.

Breve descripción de los dibujos

Una realización específica de la presente descripción se describirá ahora con más detalle junto con los dibujos que se adjuntan, en los que:

la figura 1 muestra una vista esquemática de un sistema para producir gotitas uniformes según la presente divulgación;

la figura 2 muestra una vista esquemática de una realización preferida de un aparato para la fabricación de gotitas según la presente divulgación;

la figura 3 muestra una vista esquemática de la electrónica para accionar un transductor piezoeléctrico según la presente divulgación;

las figuras 4a y 4b muestran una vista esquemática de una boquilla multicapilar para producir múltiples chorros de gotitas uniformes según la presente divulgación.

Descripción detallada de la divulgación

En cuanto a los dibujos y, en particular, a la figura 1, se proporcionan uno o más sistemas y/o métodos para crear gotitas uniformes generalmente representados con el número de referencia 10. El sistema 10 incluye un dispensador de solución 20, una porción generadora de gotitas 30 y un circuito controlador de la electrónica de alta frecuencia 40. La porción generadora de gotitas 30 incluye un actuador piezoeléctrico interno 34, un depósito de precursor de solución 35, contenido en el recipiente de depósito 37, y boquilla(s) capilar(es) dieléctrica(s) 36 para la salida del chorro de fluido. El transductor 34 es accionado por el circuito de la electrónica del OP-AMP de alta frecuencia 47 que se ubica preferentemente en el circuito controlador de la electrónica de frecuencia 40. Se genera un flujo de gotitas uniformes 38 según la ley de dispersión de Rayleigh cuando la electrónica de accionamiento 47 activa el transductor 34, mientras que el depósito de precursor de solución 35 se mantiene lleno mediante la inyección del precursor de solución a través del accesorio de entrada 39, atravesando la bomba peristáltica 22 (o recipiente del tanque presurizado) desde la fuente del recipiente de precursor de solución 24.

En cuanto a la figura 2, se muestra con más detalle la porción generadora de gotitas 30 según una realización preferida de la presente divulgación. El generador de gotitas 30 comprende tres niveles, incluidos el nivel de carcasa piezoeléctrica 210, el nivel del recipiente de depósito 230 y el nivel del portaboquillas 250. La carcasa piezoeléctrica 210 tiene un dispositivo de retención 212 que incluye un tubo de acero 215 y una tapa roscada 216. El actuador piezoeléctrico 34 se sujeta de forma simétrica al eje gracias al aislante térmico 217. El perno giratorio 218 que se enrosca en la tapa roscada 216 se utiliza para aplicar presión en el actuador piezoeléctrico 34. Tras la excitación eléctrica sinusoidal a través de los cables de conexión 219, el actuador piezoeléctrico 34 produce oscilaciones de aproximadamente 5 μm o menos que, a su vez, se comunican a la membrana de separación 220 entre la carcasa piezoeléctrica 210 y el recipiente del depósito 37. Las oscilaciones del actuador piezoeléctrico 34 producen pulsos de presión de perturbación 231 que, a su vez, se comunican al líquido en el depósito de precursor de solución 35. La membrana 220 debe tener un grosor que permita una desviación suficiente para crear pulsos de presión en el depósito de precursor de solución 35 y una rigidez suficiente para permitir una precarga adecuada del actuador piezoeléctrico 34. Se ha descubierto que se utiliza un grosor de aproximadamente 21 calibres (0,723 mm) en la realización preferida de la presente divulgación. El recipiente del depósito 37 se llena con la solución de precursor a través del canal de llenado 222 y el accesorio de entrada 39 conectado al dispensador de solución 20 (véase la figura 1). El canal 222 permite la evacuación total del depósito de precursor de solución 35 para evitar la obstrucción de la(s) boquilla(s) capilar(es) 36 que se produce cuando la solución precursora sobrante se seca. La salida de purga 223 se proporciona a través del accesorio 213 para evacuar las burbujas de aire del depósito de precursor de solución 35, si es necesario, y para mantener una presión adecuada en el depósito de precursor de solución 35. El orificio 224 está en la parte inferior del recipiente que contiene el depósito de precursor de solución 35 para permitir la comunicación del depósito de precursor de solución 35 desde el recipiente de depósito 37, pasando por la(s) boquilla(s) capilar(es) 36 del portaboquillas 250 y hasta el exterior de la porción generadora de gotitas 30 de la figura 1. El portaboquillas 250 incluye la tapa roscada 255, una porción de posicionamiento del disco 256, una placa de cubierta 257, una junta tórica de estanqueidad 258 y juntas tóricas de estanqueidad y posicionamiento 259. La porción de posicionamiento del disco 256 y la placa de cubierta 257 se mantienen en su sitio en la tapa roscada 255 con unos tornillos 260. Preferentemente, debe elegirse que el grosor de la porción de posicionamiento del disco 256

tenga un grosor menor que la longitud de las boquillas capilares 36 (figura 1) para proporcionar, en combinación con las juntas tóricas 259, la alineación adecuada de las boquillas capilares 36, cuya punta emerge a través del orificio 265 de la placa de cubierta 257. Una vez que el depósito de precursor de solución 35 está lleno de fluido precursor y el actuador piezoeléctrico 34 se activa a través de los cables de pulso de accionamiento 219, los pulsos de presión de perturbación 231 se transmiten a través de la membrana 220 a la parte superior del depósito de precursor de solución 35 del recipiente de depósito 37. Los pulsos de presión de perturbación 231 se propagan hacia abajo por el volumen en columna del depósito de precursor de solución 35 del recipiente del depósito 37. Los pulsos de presión de perturbación 231 llegan al fondo del recipiente de depósito 37, transmitiendo el fluido desde el depósito de precursor de solución 35 del recipiente de depósito 37, donde el chorro de fluido se divide en un flujo de gotitas 38. Las gotitas 38 tienen un diámetro uniforme si la longitud de onda de los pulsos de presión de perturbación 231, λ , realiza la división del flujo en chorro según la ley de Webber para fluidos viscosos:

$$\lambda = \sqrt{2\pi d_j} \sqrt{\frac{1+3\eta}{\rho \sigma}}$$

donde D_j es el diámetro del chorro, η es la viscosidad del fluido, ρ es la densidad del fluido y σ la tensión superficial. Las gotitas producidas son uniformes y su diámetro, d_a , es 1,89 veces el diámetro del chorro, d_j .

En cuanto a la figura 3, el circuito de accionamiento de la electrónica de alta frecuencia 40 de la figura 1 para accionar el condensador piezoeléctrico C_p del actuador piezoeléctrico 34 comprende el generador de señales 333, el amplificador operacional (OP-AMP) 334, el nivel del transformador 335 y el nivel de carga 336 que tiene un inductor de choque 337 en serie con el condensador piezoeléctrico C_p del actuador piezoeléctrico 34. Esta configuración opera en un modo continuo para generar un accionamiento de tensión piezoeléctrico (V_3), que se debe a la tensión fuente (V_1), amplificada a la tensión (V_2) por el OP-AMP 334, para accionar el actuador piezoeléctrico 34. El generador de señales 333 proporciona ondas sinusoidales con frecuencias de 0 a 1 MHz o superiores y una tensión de salida de entre 0 y 10 voltios. La capacidad de accionamiento de alta corriente y el OP-AMP de ancho de banda de potencia amplia 334 (con ganancia controlable) acciona el transformador 335 primario y produce una tensión modulada en amplitud (V_2) de hasta aproximadamente 70 voltios y frecuencias de hasta 200 KHz para el accionamiento de la frecuencia prescrita en el generador de señales 333. El transformador 335 permite incrementar la tensión de salida (V_2) hasta la tensión más elevada requerida para el nivel de carga 336. En la realización mostrada en la figura 3, el factor de incremento utilizado fue 1:1 y la tensión V_2 fue igual a V_3 ya que no se utilizó incremento. Sin embargo, se puede conseguir un incremento hasta cualquier tensión deseada si la salida de carga requiere más potencia. Las configuraciones del transformador 335 permiten aislar por completo de la tierra 338 el circuito controlador que comprende el OP-AMP 334 y el generador de señales 333. En el nivel de carga 336, se elige el inductor de choque 337 junto con la C_p , la capacitancia del actuador, para proporcionar un ancho de banda de frecuencia tan alto como 100 KHz y corrientes lo suficientemente altas (del orden de decenas de miliamperios (mA)) de 50 a 200 mA para accionar la carga capacitiva C_p del actuador piezoeléctrico 34. Este diseño opera a frecuencias inferiores a aproximadamente 100 KHz con una tensión de salida de accionamiento de hasta 60 voltios y lo suficientemente baja como para que las fuentes de tensión de CC $+V_\infty$ y $-V_\infty$ 339 eviten la saturación de tensión en la tensión de accionamiento piezoeléctrico (V_3).

En cuanto a las figuras 4a y 4b, el conjunto de boquilla capilar múltiple 440 se mantiene en su sitio gracias al portaboquillas 250 y en contacto con la fuente del depósito de precursor de solución 35 del recipiente de depósito 37. La porción de posicionamiento del disco 441 y la placa de cubierta 442 se sujetan al portaboquillas 250 con unos tornillos 443. Dos juntas tóricas de estanqueidad y posicionamiento, 444 y 445, se insertan dentro del portaboquillas 250 para alinear de forma rectilínea todos los capilares 446 del conjunto de boquilla capilar 440. Los capilares 446 están configurados de la forma más compacta posible pero, sin embargo, con un espacio de separación suficiente, por ejemplo, no menos de aproximadamente 3 mm, para permitir flujos distintos y no comunicantes de gotitas uniformes 38. El sistema de las figuras 4a y 4b utiliza el mismo circuito de accionamiento de la electrónica 40 y el mismo dispensador de solución 20 utilizado para la realización de la figura 1.

Según la presente divulgación, el concepto de la membrana que separa el actuador y el líquido perturbado es único ya que la membrana está hecha de acero inoxidable u otro material rígido y es muy rígida con un grosor prescrito. La selección del grosor de la membrana se basa en la rigidez, siendo la membrana lo suficientemente flexible para transmitir una cantidad adecuada de desviación desde el actuador hacia el fluido. Esto deriva en una amplia gama de opciones posibles de grosores de membrana y dimensiones en el plano. En general, para una carga tan concentrada de un actuador que actúa, por ejemplo, en una membrana circular (que se comporta como una placa circular), la rigidez de una membrana circular es proporcional a $E h^3/R^2$, donde R es el radio de la membrana, E es el módulo de Young del material de la membrana y h es el grosor de la membrana. Se aplican relaciones similares con otras formas de membrana, como cuadrados y rectángulos, etc. De esta manera, es posible disponer de una amplia gama de diseños dependiendo de las capacidades de fuerza del actuador y las propiedades del fluido que vaya a expulsarse. La geometría puede incluir todas las geometrías con un rango de rigidez adecuado que, a su vez,

depende del actuador elegido y del diseño de la cámara y las propiedades del fluido. Así, el diseño una persona experta en la materia puede calcular el diseño para cualquier aplicación específica. Para el actuador utilizado en el ejemplo y las figuras, $R = 0,35"$ (0,889 cm), $h = 0,02846"$ (0,7229 mm) (y $E = 26 \times 10^6$ psi (730844 Pa) (aproximadamente), y se ha descubierto que se puede utilizar con un rango de fluidos utilizados en la combinación ejemplificada de actuador/cámara. Así, utilizando la ecuación anterior y el actuador y la cámara ejemplificados, el presente ejemplo empleó una membrana de acero inoxidable que tenía un espesor de 21 calibres (0,723 mm). La membrana actúa como una barrera protectora para el actuador piezoeléctrico frente a líquidos hostiles y transmite el pulso o los pulsos de presión de perturbación del actuador piezoeléctrico al líquido del otro lado de la membrana.

En la realización específica descrita en relación con las figuras, el generador de gotitas puede utilizar líquidos hostiles, tales como ácidos (y bases), porque la carcasa, que incluye el depósito, tiene una membrana rígida "funcional" integrada y resistente a productos químicos hecha de material resistente a la corrosión, como el acero inoxidable, el titanio o un material rígido recubierto con un material resistente a los productos químicos, como el teflón. Así mismo, la boquilla capilar está hecha de un dieléctrico que es químicamente estable y que puede tratar líquidos hostiles similares. Tal configuración y construcción del depósito separa el accionador piezoeléctrico del líquido. La membrana de separación sirve como barrera protectora para el actuador piezoeléctrico. El actuador piezoeléctrico no está en contacto directo con el líquido. En su lugar, las vibraciones del actuador piezoeléctrico se transmiten como pulsos de presión de perturbación a través de la membrana rígida hasta el líquido. La carcasa de acero inoxidable se probó con precursores que contenían ácido cítrico, lo que resultó en una solución con un pH de aproximadamente 4. Para un ambiente aún más hostil con un pH más ácido o básico, se puede utilizar Hastelloy, u otro material resistente al pH.

Se cree que el uso de capilares cerámicos es único para la actuación longitudinal del pulso o pulsos de presión de perturbación. Los sistemas y métodos conocidos usan capilares de vidrio, que tienen una forma similar a los capilares de la presente divulgación, pero que en su lugar se han utilizado para actuación radial, distinta de la actuación longitudinal de la presente divulgación.

En una configuración de boquilla de múltiples capilares de la presente divulgación, una configuración que puede incluir 2, 3, 4, 5 o más capilares, se puede utilizar preferentemente una topología simétrica para ubicar los capilares y distribuir uniformemente el pulso o pulsos de presión de perturbación del líquido para realizar la dispersión en gotitas uniformes en todos los capilares. Como el actuador piezoeléctrico es un disco de, por ejemplo, 10 mm y con forma de rosquilla, el pulso o pulsos de presión de perturbación tiene(n) forma cilíndrica con una sección transversal circular. Los capilares se colocan en una configuración generalmente circular más pequeña que el diámetro del actuador piezoeléctrico en forma de rosquilla.

Si bien es habitual que los capilares con un diámetro pequeño sean, por lo general, propensos a obstruirse, según la presente divulgación se ha ideado un esquema de purga para minimizar o evitar la obstrucción debida al endurecimiento de la(s) solución(es) a base de ácido y/o sal metálica. En la presente divulgación, la entrada hacia el depósito de líquido discurre a través de un túnel (canal 222 en la figura 2) mecanizado dentro de la pared del depósito, que discurre paralelo al eje principal del depósito y emerge en el fondo del depósito. Durante la purga o evacuación del precursor (que puede endurecerse si se deja aunque sea en un volumen diminuto en el fondo del depósito), debido a que el túnel de evacuación llega hasta el fondo del depósito, se purga toda la cantidad de precursor. Esto ahorra el precursor tan valioso y evita también la obstrucción por endurecimiento. Este procedimiento puede ir seguido de una purga con agua destilada para limpiar el interior del depósito y la boquilla capilar. Así mismo, en una realización preferida, la porción del capilar que está más estrechamente en contacto con el fluido del recipiente de depósito de fluido sobresale ligeramente con respecto al fondo del depósito, de modo que cualquier residuo de obstrucción fortuito pueda acumularse en el fondo del depósito por debajo de la entrada del capilar.

El OP-AMP con la configuración del circuito del transformador que acciona la fase de carga del LC está diseñado como "resonante" para un accionamiento óptimo del circuito LC. Se elige que el régimen de frecuencia de generación de gotitas esté por debajo de la frecuencia de resonancia natural del condensador piezoeléctrico para aumentar su vida útil. Además, la configuración actual utiliza un pequeño disco piezoeléctrico en forma de anillo (rosquilla) con una pequeña capacitancia (del orden de 15 nanoFaraday (nF)) que empuja el ancho de banda de frecuencia del circuito de accionamiento a frecuencias más altas.

Preferentemente, el recipiente de depósito de fluido tiene una forma general o sustancialmente cilíndrica, que tiene una superficie inferior y una superficie superior que tienen una forma general o sustancialmente circular y una porción lateral en columna dispuesta entre la superficie inferior y la superficie superior. Preferentemente, el dispensador de solución está en comunicación con el recipiente de depósito de fluido a través de una vía de transferencia de fluido entre el dispensador de solución y el recipiente de depósito de fluido, efectuándose la transferencia de fluido desde el dispensador de solución al recipiente de depósito de fluido con una bomba, preferentemente una bomba peristáltica o un recipiente tanque presurizado. También preferentemente, el fluido se transfiere desde el dispensador de solución al recipiente de depósito de fluido a través de un canal que hace que el fluido entre en el recipiente de depósito de fluido en o cerca de la superficie inferior del recipiente de depósito de fluido. También preferentemente, el recipiente de depósito de fluido tiene una salida dispuesta, por lo general, en o cerca de la superficie superior del recipiente de depósito de fluido.

Preferentemente, como se ha mencionado anteriormente, el recipiente del depósito está hecho de un material relativamente resistente a la corrosión, como acero inoxidable o acero revestido con acero inoxidable, vanadio, titanio y similares, pero también puede estar hecho de un material revestido con plástico y el revestimiento puede ser, por ejemplo, de teflón u otro material resistente a la corrosión. La membrana de separación forma parte de la estructura del actuador piezoeléctrico. En cualquier caso, la membrana de separación debe tener características que proporcionen las propiedades mecánicas adecuadas a la membrana de separación. La membrana de separación debe tener el grosor suficiente o estar hecha de un material adecuado para permitir que el actuador piezoeléctrico desvíe la membrana de separación, imponiendo así pulso(s) de presión de perturbación en el depósito de fluido. De este modo, cuanto más rígida sea la membrana de separación, más fina tendrá que ser (es probable). Además, la membrana de separación debería tener una rigidez suficiente pero adecuadamente baja para permitir una precarga debidamente adecuada del actuador piezoeléctrico. Por lo tanto, las características de la membrana de separación, en general, están relacionadas pero, hasta cierto punto, son de naturaleza opuesta. La membrana donde se producen las desviaciones envía un pulso o pulsos de presión de perturbación al líquido del recipiente de depósito y permite la transmisión de las desviaciones sin contacto físico directo entre el actuador piezoeléctrico y el líquido.

Las boquillas capilares, por lo general, se conocen bien en la técnica. La boquilla capilar normalmente tiene forma cilíndrica con un diámetro del orificio interno de menos de aproximadamente 10 micrómetros hasta aproximadamente 100 micrómetros. Preferentemente, el diámetro del orificio interno es de entre aproximadamente 5 micrómetros a aproximadamente 100 micrómetros. Más preferentemente, el diámetro del orificio interno es de entre aproximadamente 1-2 micrómetros a aproximadamente 100 micrómetros. La longitud de la boquilla capilar es preferentemente de no menos de 5 mm y puede ser de hasta unos 30 mm o más. En una realización alternativa, el portaboquillas está configurado para sostener una pluralidad de boquillas capilares de formas y tamaños similares para producir múltiples chorros de flujo de gotitas uniformes. La boquilla o boquillas capilares pueden estar hechas de acero inoxidable, material cerámico y otros similares, pero también pueden estar hechas de cualquier otro material suficientemente rígido y químicamente resistente para soportar cualquiera que sea la naturaleza corrosiva del fluido.

El tamaño y la configuración de la boquilla o boquillas permiten flujos de gotitas que tienen diámetros uniformes de menos de aproximadamente 200 micrómetros, preferentemente de menos de aproximadamente 150 micrómetros, más preferentemente de menos de 100 micrómetros, y lo más preferentemente de menos de aproximadamente 50 micrómetros. Para gotitas más pequeñas con un tamaño de diámetro inferior a los 100 micrómetros, se ha descubierto que los accionamientos de mayor frecuencia y potencia son, por lo general, útiles. La presente divulgación tiene como objetivo producir gotitas con diámetros tan bajos como 5 micrómetros para las que se pueda utilizar una frecuencia más alta (más de 10 KHz). La presente divulgación puede conseguir diámetros aún más pequeños, tan reducidos como de 1 micrómetro, si se utilizan capilares de diámetro similar. Además, al contrario que los métodos y aparatos conocidos, según la presente divulgación, la membrana sobre la que impacta el accionador piezoeléctrico puede estar alejada de la entrada del líquido de entrada que va hacia la boquilla o boquillas capilares. Específicamente, son posibles distancias de hasta 4 pulgadas (10,16 cm) o más. Por otro lado, también se pueden utilizar configuraciones con un actuador cerca del orificio de salida. Dependiendo de la aplicación, el rendimiento puede mejorar para una frecuencia específica si la longitud de la cámara se elige de modo que se produzca una onda estacionaria con su presión máxima ubicada cerca del orificio de salida.

En realizaciones adicionales particularmente preferidas, los sistemas de la presente divulgación para producir flujos de gotitas, teniendo las gotitas un diámetro uniforme, el dispositivo piezoeléctrico u otro dispositivo es capaz de generar pulsos de presión de perturbación que den lugar a desplazamientos de la membrana de separación de unos pocos micrómetros o más. Por ejemplo, el desplazamiento de la membrana puede ser de 1-5 micrómetros, preferentemente de menos de 5 micrómetros, más preferentemente de menos de 3 micrómetros, y más preferentemente de menos de 1 a aproximadamente menos de 3 micrómetros. El rango de desplazamiento que vaya a producirse debe incluir desplazamientos de un tamaño suficiente para inducir la división de las gotitas, que puede variar en función de las propiedades del fluido que se expulse. También en esta realización, la electrónica de alta frecuencia y alta potencia incluye un generador de señales, un nivel de OP AMP de alta tensión y alta corriente, un transformador y un nivel de carga con un inductor de choque en serie con un dispositivo piezoeléctrico de carga capacitiva que opera a una frecuencia más baja que la frecuencia resonante de la carga del condensador piezoeléctrico de choque. El accionamiento eficiente del actuador piezoeléctrico sin el uso de reservas de corriente muy grandes se consigue mediante el ajuste de resonancia del LC o el ajuste cercano del circuito LC realizado con la capacitancia del actuador y el inductor seleccionado. También especialmente preferible que las boquillas capilares se mantengan en un portaboquillas que esté hecho de acero inoxidable y comprenda una tapa de acero para sellar el recipiente de depósito y sujetar y alinear las boquillas capilares. También preferentemente, el generador de señales tiene una frecuencia de entre 0 y 1 MHz o superior, y produce una tensión de salida de entre 0 y 10 voltios o más. El amplificador y el transformador convierten juntos la tensión de salida en una tensión de al menos aproximadamente 20 voltios, preferentemente de al menos 30 voltios, más preferentemente de aproximadamente 30 a aproximadamente 50 voltios, en especial, preferentemente de aproximadamente 40 voltios a aproximadamente 50 voltios, y lo más preferentemente de aproximadamente 50 a aproximadamente 60 voltios. Además, el amplificador y el transformador, juntos, convierten las frecuencias iguales o superiores a 10 KHz, preferentemente iguales o superiores a 20 KHz, más preferentemente iguales o superiores de aproximadamente 30 a aproximadamente

40 KHz, lo más preferentemente, iguales o superiores de aproximadamente 50 KHz a aproximadamente 70 MHz o más, tales como de aproximadamente 100 KHz a aproximadamente 200 KHz.

5 Debido a que el dispositivo piezoeléctrico de los métodos y sistemas divulgados actualmente no está en contacto directo con la fuente de líquido, esto permite un montaje piezoeléctrico simple y flexible. El dispositivo piezoeléctrico se puede montar en cualquier lugar oportuno en asociación con los precursores de solución del flujo de gotitas y permite el uso de precursores de solución para el flujo de gotitas que puedan ser corrosivos. Tal y como se ha comentado anteriormente, preferentemente, los pulsos de presión de perturbación se producen de forma sinusoidal y, más preferentemente, la onda sinusoidal se produce a través de un generador de señales que transmite una
10 tensión fuente a un amplificador para así amplificar y modular la tensión fuente para producir una tensión amplificada y modulada, tensión amplificada y modulada que se transmite luego a un transformador que aumenta la tensión para producir una tensión incrementada. La tensión incrementada se transmite después a un condensador piezoeléctrico que, a su vez, transmite un pulso de presión a la membrana de separación. Así mismo, el pulso de presión se transfiere, a través de la membrana de separación, a la solución en el depósito de fluido. Aún además, el pulso de
15 presión se transfiere repetidamente a la solución a través de la membrana de separación y se propaga a través de la solución y fuerza la solución hacia los capilares, expulsando así la solución a través de los capilares y produciendo un flujo de gotitas uniformes.

20 La presente divulgación se ha descrito haciendo referencia a las realizaciones de ejemplo, las personas expertas en la materia entenderán que se pueden realizar varios cambios y que se pueden sustituir los elementos de los mismos por equivalentes, y que se pueden realizar diversas modificaciones para adaptar las enseñanzas de la presente descripción a un uso, aplicación, condiciones de fabricación, condiciones de uso, composición, medio, tamaño y/o materiales específicos sin abandonar el ámbito de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) que tienen gotitas de diámetro uniforme, comprendiendo el sistema (10):

un dispensador de solución (20) y una porción generadora de gotitas (30),
comprendiendo la porción generadora de gotitas (30) tres niveles, un nivel de carcasa piezoeléctrica (210), un nivel de recipiente de depósito (230) y un nivel de portaboquillas (250);
el dispensador de solución (20) está en comunicación fluida con un depósito de fluido (35) en un recipiente de depósito de fluido (37) del nivel de recipiente de depósito (230);
una membrana de separación (220) que forma parte del nivel de carcasa piezoeléctrica (210), el depósito de fluido (35) adyacente y en contacto con un lado de la membrana de separación (220);
el nivel de carcasa piezoeléctrica (210) tiene un dispositivo de retención (212) que incluye un tubo de acero (215) y una tapa roscada (216), un perno giratorio (218), que se enrosca en la tapa roscada (216), aplica presión en un actuador piezoeléctrico (34) para que entre en contacto con la membrana de separación (220) en un lado opuesto al que está en contacto con el depósito de fluido (35), el accionador piezoeléctrico (34) produce oscilaciones que se comunican a la membrana de separación (220) entre el nivel de carcasa piezoeléctrica (210) y el recipiente de depósito (37); y
una o más boquillas capilares (36) dispuestas alejadas de la membrana de separación (220), en donde la una o más boquillas capilares (36) reciben fluido del depósito de fluido (35) y expulsan un flujo de gotitas (38) desde la boquilla capilar (36).

2. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 1, en donde el recipiente de depósito de fluido (37) tiene una forma general o sustancialmente cilíndrica, que tiene una superficie inferior y una superficie superior que tienen una forma general o sustancialmente circular y una porción lateral en columna dispuesta entre la superficie inferior y la superficie superior.

3. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 1, en donde el dispensador de solución (20) está en comunicación con el recipiente de depósito de fluido (37) a través de una vía de transferencia de fluido entre el dispensador de solución (20) y el recipiente de depósito de fluido (37).

4. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 1, en donde se envían una o más perturbaciones al depósito de fluido (35) por la acción del actuador piezoeléctrico (34) sobre la membrana de separación (220) y la una o más perturbaciones se propagan hacia la una o más boquillas capilares (36).

5. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 4, en donde la boquilla capilar (36) está hecha de acero inoxidable o material dieléctrico.

6. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 3, en donde el dispensador de solución (20) transfiere fluido desde ahí al recipiente de depósito de fluido (37) mediante una bomba peristáltica o un tanque presurizado.

7. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 3, en donde el dispensador de solución (20) transfiere fluido desde ahí al recipiente de depósito de fluido (37) a través de un canal que se dispone con el fin de que el fluido entre en el recipiente de depósito de fluido (37) en o cerca de la superficie inferior del recipiente de depósito de fluido (37).

8. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 3, en donde el recipiente de depósito de fluido (37) tiene una salida dispuesta, por lo general, en o cerca de la superficie superior del recipiente de depósito de fluido (37).

9. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 1, que comprende, además:
un circuito controlador de la electrónica (40) para accionar un condensador piezoeléctrico, estando el circuito controlador de la electrónica (40) compuesto por un generador de señales (333), un amplificador operacional (334), un nivel de transformador (335), una nivel de carga (336) que tiene un inductor de choque (337) y un condensador piezoeléctrico, y en donde el inductor de choque (337) está en serie con el condensador piezoeléctrico.

10. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 9, en donde el generador de señales (333) envía ondas sinusoidales, triangulares o cuadradas con frecuencias de 0 a 1 MHz o superiores, y una tensión de salida de entre 0 a 10 voltios al amplificador operacional (334).

11. Un método para producir flujos de gotitas (38) que tienen gotitas de diámetro uniforme, utilizando el sistema de la reivindicación 1.

12. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 1, en donde la entrada al depósito de fluido (35) comprende un canal mecanizado (222) dentro de una pared del depósito de fluido (35), discurriendo el

canal mecanizado (222) sustancialmente paralelo a un eje principal del depósito de fluido (35) y emergiendo en la parte inferior del depósito de fluido (35).

5 13. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 1, en donde la onda transmitida por el actuador piezoeléctrico (34) divide un flujo de fluido en gotitas.

14. El sistema (10) para producir flujos de gotitas (38) según la reivindicación 1, en donde la membrana de separación (220) está hecha de acero inoxidable o titanio.

10 15. El sistema para producir flujos de gotitas según la reivindicación 1, en donde la membrana de separación tiene un grosor de 0,723 mm.

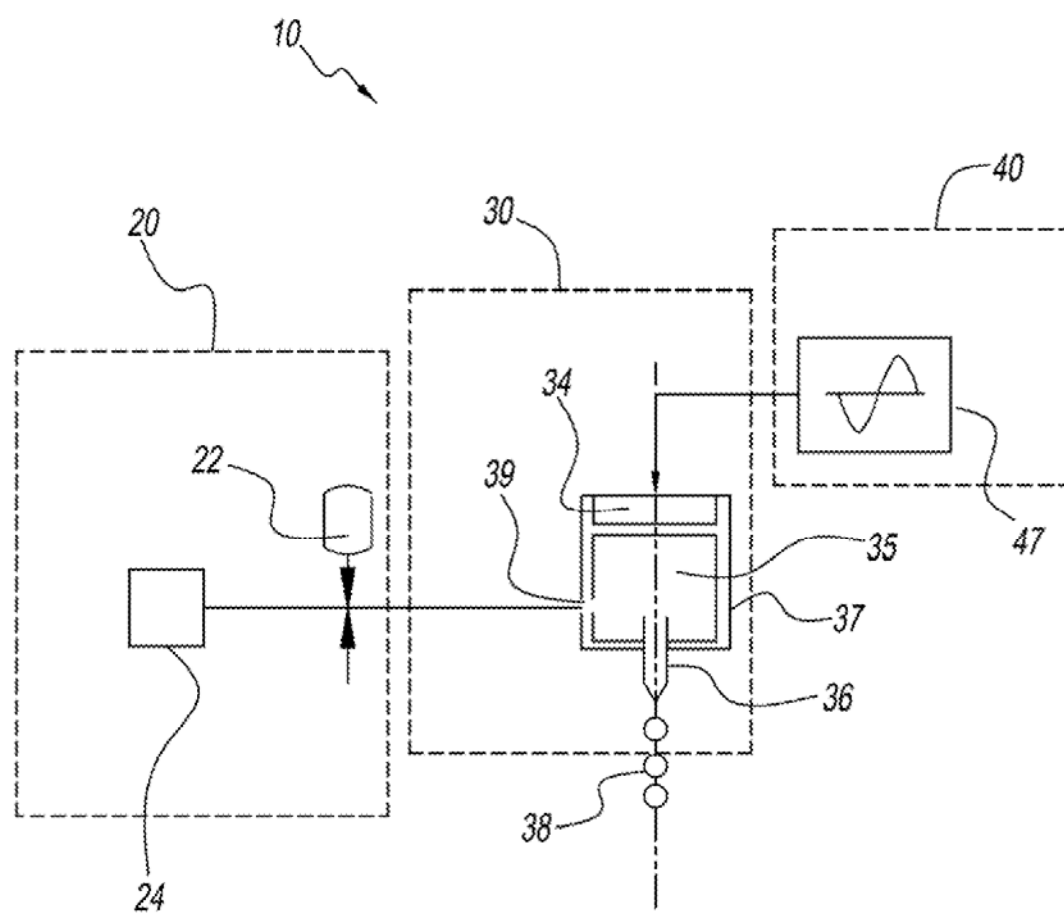


FIG. 1

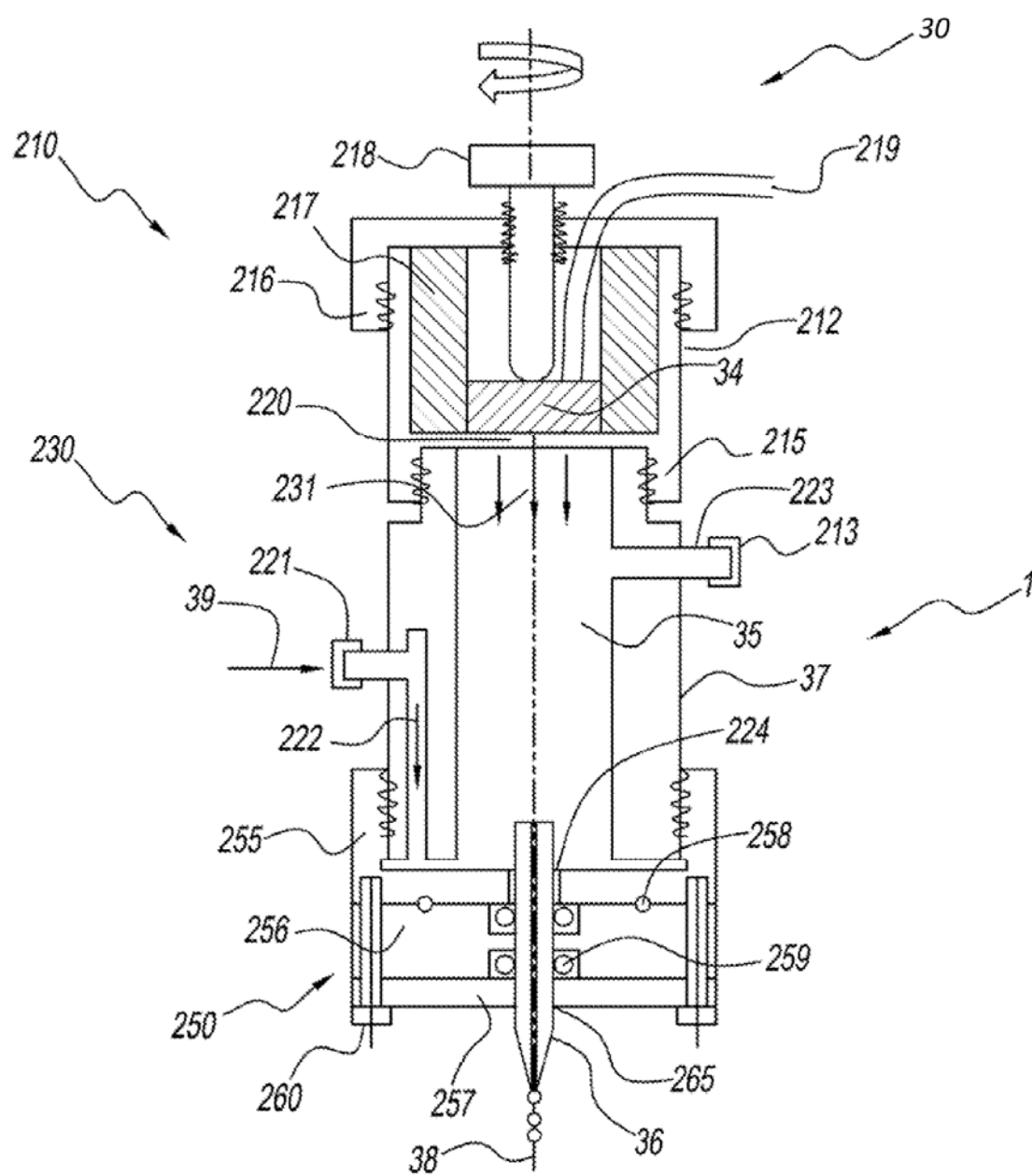


FIG. 2

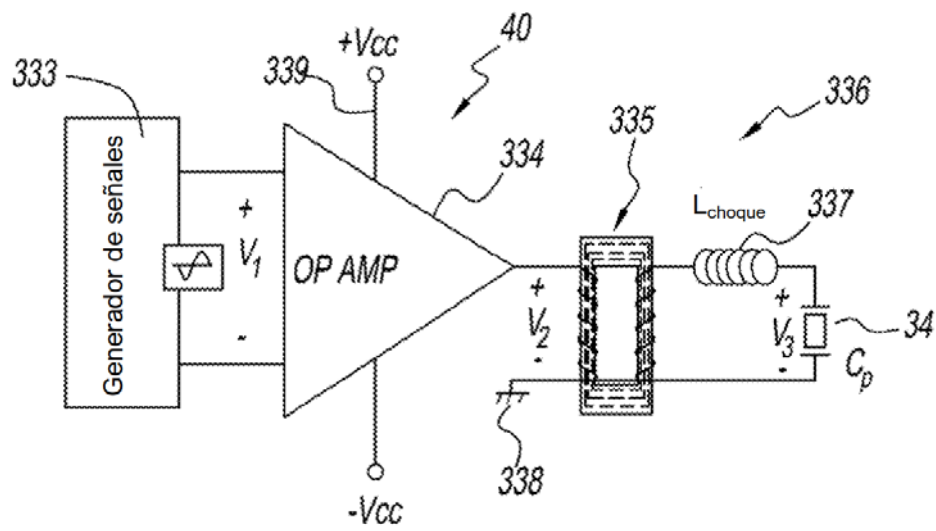


FIG. 3

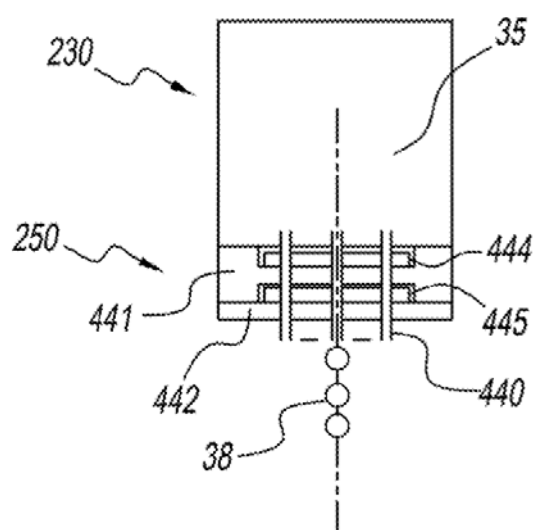


FIG. 4A

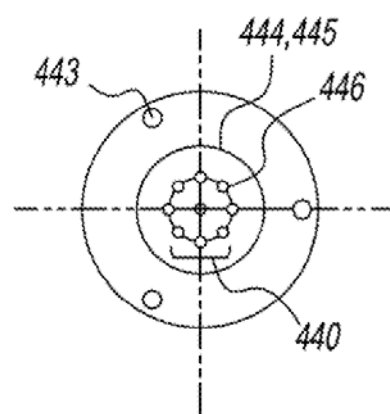


FIG. 4B