

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 514 470**

51 Int. Cl.:

A61M 11/00 (2006.01)

B05B 17/00 (2006.01)

B05B 17/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.04.2006 E 06750645 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.07.2014 EP 1896662**

54 Título: **Sistemas y métodos de vibración**

30 Prioridad:

25.05.2005 US 684720 P

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

28.10.2014

73 Titular/es:

**AEROGEN, INC. (100.0%)
2071 STIERLIN COURT
MOUNTAIN VIEW, CA 94043, US**

72 Inventor/es:

IVRI, YEHUDA

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 514 470 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

Sistemas y métodos de vibración

5 **Antecedentes de la invención**

Esta invención se refiere en general a un sistema de vibración que transfiere eficientemente vibración radial desde un elemento de inducción de vibración para producir vibración axial en un elemento vibrátil a través de un elemento de soporte que filtra la vibración indeseable. En realizaciones preferidas, un transductor piezoeléctrico imparte oscilación ultrasónica a una chapa vibrátil, en particular una chapa perforada (con orificios) vibrátil de un dispositivo generador de aerosol, donde la chapa vibrante está perforada con agujeros y puede operar en un medio fluido. La invención también puede ser útil en el campo de la transmisión de ondas ultrasónicas en un medio fluido incluyendo, aunque sin limitación, sonar subacuático, sonar de profundidad y sonar de detección de obstáculos.

Los dispositivos donde una chapa circular perforada se hace vibrar usando un transductor piezoeléctrico en forma de un aro son conocidos en la técnica. Por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos de Maehara número 4.605.167, una chapa vibrátil que tiene al menos una abertura de boquilla está fijada a un alojamiento rígido y un aro piezoeléctrico está fijado a la chapa vibrátil para inducir en ella un desplazamiento para descargar una cantidad pequeña de líquido a través de la abertura de boquilla. En otros dispositivos descritos en la técnica, una chapa circular vibrátil está unida directamente al aro piezoeléctrico y cubre la abertura central en el aro piezoeléctrico; por ejemplo, como se describe en la Patente de Estados Unidos de Toda número 5.297.734. Como otros ejemplos, la Patente de Estados Unidos de Humberstone y colaboradores número 5.518.179, la Patente de Estados Unidos de Ross y colaboradores número 5.261.601 y la Patente de Estados Unidos de Davison y colaboradores número 6.062.212 describen dispositivos vibrantes donde una chapa circular vibrátil está montada sobre la abertura central de un elemento anular fino o "arandela", que está unida a un aro piezoeléctrico. Cuando es accionado, el aro piezoeléctrico vibra radialmente haciendo que la arandela opere en un "modo de flexión" que hace vibrar la chapa vibrátil en la dirección axial. Cuando se fabrican estos tipos de dispositivos, los componentes deben ser alineados con cuidado concéntricamente uno con otro cuando la chapa vibrátil se monta en la arandela y la arandela se coloca sobre la abertura en el aro piezoeléctrico.

La instalación de un transductor ultrasónico directamente sobre un bastidor o alojamiento rígido, tal como describe Maehara, también es problemática. La razón es que todo el cuerpo del transductor vibra, vibrando algunas porciones a una amplitud pequeña y vibrando algunas porciones a una amplitud amplificada. Cuando el transductor está instalado en la pieza de fijación rígida, la amplitud de oscilación se reduce. Otro problema de las disposiciones de la técnica anterior es que el aro piezoeléctrico vibra naturalmente en 3 direcciones (es decir, los ejes X, Y y Z) y transmite dicha vibración a la chapa vibrante. Las vibraciones que son transmitidas a la chapa se superponen y la contribución de la vibración axial puede ser cancelada o cancelada parcialmente. Por tanto, es deseable filtrar la vibración indeseable del elemento piezoeléctrico y usar solamente vibración en una sola dirección, por ejemplo, la dirección axial. Los intentos de resolver este problema han incluido montar la chapa vibrátil en elementos elásticos de retención, o "dedos", por ejemplo, como se describe en la Patente de Estados Unidos de Martens III y colaboradores número 6.450.419; soportar un transductor de tipo bimorfo en juntas tóricas de caucho, por ejemplo, como se describe en la Patente de Estados Unidos de Ross y colaboradores número 5.261.601 y la Patente de Estados Unidos de Humberstone y colaboradores número 5.518.179; y sujetar el aro piezoeléctrico en posición con una arandela, por ejemplo, como se describe en la Patente de Estados Unidos de Helf y colaboradores número 6.293.474 y la Patente de Estados Unidos de Tomkins y colaboradores número 6.382.522.

Los dispositivos antes descritos convierten la vibración radial de un aro piezoeléctrico en vibración axial de una chapa perforada para dispersar un líquido como un aerosol. En otro tipo de dispositivo, el transductor piezoeléctrico puede ser tubular y se puede expandir y contraer axialmente (en la dirección del eje central del tubo) para mover una chapa perforada. Por ejemplo, véase la Patente de Estados Unidos de Newcombe y colaboradores número 5.838.350.

En general, en un transductor piezoeléctrico que opera en un medio fluido, tal como los usados en aerosolizadores, hay que separar el elemento piezoeléctrico del elemento vibrátil de modo que el elemento vibrátil pueda ser sumergido en líquido y el elemento piezoeléctrico pueda estar eléctricamente aislado del líquido. En algunos casos, tal aislamiento se puede facilitar encapsulando el elemento piezoeléctrico con material elastomérico. Tal material, al mismo tiempo que proporciona aislamiento eléctrico, también tiene características de absorción de energía que amortiguan la amplitud de oscilación del transductor piezoeléctrico y por lo tanto tiene un efecto adverso en la eficiencia del dispositivo.

Hay actualmente una amplia variedad de aerosolizadores y nebulizadores. De especial interés son los que hacen vibrar una chapa perforada u otro elemento para producir el aerosol. Se describen ejemplos de algunos de estos aerosolizadores en las Patentes de Estados Unidos números 5.169.740, 5.938.117, 6.540.154, 5.586.550, 5.750.647, 6.467.476, 6.014.970, 6.755.189, 6.814.071, 6.554.201, 6.732.944, 6.615.824, 6.845.770 y 6.851.626. US 6.651.626 describe un método de administrar un fluido nebulizado para inhalación, incluyendo los pasos de proporcionar un dispositivo nebulizador, un depósito y un recipiente, estando adaptados el depósito y el recipiente

para contener volúmenes de fluidos y siendo sustituibles; administrar un volumen de fluido correspondiente a un tamaño de dosis seleccionado desde el recipiente al depósito; transferir el volumen de fluido desde el depósito al dispositivo nebulizador; usar el dispositivo nebulizador para nebulizar el volumen de fluido; repetir los pasos de administración y uso un número de veces con el mismo recipiente; sacar y sustituir el recipiente; y sacar y sustituir el depósito.

Un problema de los aerosolizadores (especialmente los usados para aplicaciones médicas usando líquidos altamente corrosivos) es la contaminación y la corrosión de las piezas. Es posible que algunas piezas del aerosolizador que están expuestas a líquidos tengan que lavarse o desecharse con el fin de mantener el aerosolizador en buenas condiciones de trabajo. Muchas de estas piezas son difíciles de limpiar y, dado que los transductores piezoeléctricos y su electrónica asociada pueden ser relativamente caros, hacerlos desechables puede no ser económicamente factible. Por lo tanto, puede ser deseable hacer extraíbles o sustituibles algunos componentes de los aerosolizadores.

15 Breve resumen de la invención

Según la presente invención, se facilita un sistema de vibración según la reivindicación 1, y un método de hacer un sistema de vibración, según la reivindicación 26. Una o más realizaciones de la presente invención se refieren a un sistema de vibración que transfiere eficientemente la vibración radial desde un elemento de inducción de vibración para producir vibración axial en un elemento vibrátil a través de un elemento de soporte que filtra la vibración indeseable. En una disposición particular, el elemento de inducción de vibración puede ser un transductor piezoeléctrico anular que tiene una abertura central, el elemento vibrátil puede ser una chapa circular fina y el elemento de soporte puede tener una sección transversal circular para sujetar la chapa circular; sin embargo, los componentes también pueden tener posiblemente otras formas. En otras disposiciones, el elemento de inducción de vibración se puede separar de las otras estructuras de modo que pueda ser reutilizado para otras aplicaciones. Además, otras disposiciones de la presente invención aíslan efectivamente el elemento de inducción de vibración del contacto con líquidos y por lo tanto están especialmente adaptadas para operación en un medio fluido, por ejemplo, en un entorno aerosolizador. Además, la presente invención proporciona un método para autoalinearse los componentes de un sistema de vibración incluyendo un aro piezoeléctrico y una chapa circular vibrátil así como hacer que la fabricación del sistema sea simple y barata.

En una o más realizaciones, el sistema de vibración de la presente invención incluye una chapa circular fina vibrátil, un elemento tubular que sujeta la chapa vibrátil y un aro piezoeléctrico acoplado al elemento tubular. La chapa vibrátil puede estar dispuesta concéntricamente dentro del lumen de un elemento tubular de pared fina; y un aro piezoeléctrico puede estar colocado concéntricamente alrededor de la circunferencia exterior del elemento tubular en la posición de la chapa vibrátil. El aro piezoeléctrico es expansible y contráctil en la dirección radial, lo que, a su vez, hace que las paredes del elemento tubular se expandan y contraigan en la dirección radial. Este movimiento de las paredes del elemento tubular expande y contrae la circunferencia exterior de la chapa haciendo que su región media oscile (es decir, vibre) en la dirección axial. Dado que la circunferencia exterior de la chapa vibrátil de la presente invención se coloca dentro de la abertura central del aro piezoeléctrico en alineación con su plano central, en contraposición a sistemas anteriores donde una superficie de la chapa vibrátil (o arandela concéntrica alrededor de la chapa) está fijada en la superficie del aro piezoeléctrico a través de la abertura central del aro piezoeléctrico, la carga radial producida por el aro piezoeléctrico se aplica más simétricamente a la chapa vibrátil de la presente invención.

En una realización, la chapa vibrátil puede ser una chapa perforada que incluye una pluralidad de agujeros ahusados y tener preferiblemente forma de cúpula. La chapa perforada puede estar acoplada a una estructura de montaje dispuesta dentro del lumen del elemento tubular que sujeta la chapa perforada perpendicular al eje central del elemento tubular.

En otra realización, el elemento tubular se puede fabricar a partir de un material metálico resistente a la corrosión, por ejemplo, una aleación de paladio/níquel o acero inoxidable, y tener paredes finas flexibles, por ejemplo, de menos de 0,5 mm de grosor. En otras realizaciones, el elemento tubular puede incluir un material plástico, y puede incluir al menos un segmento elástico, por ejemplo, un elastómero, dispuesto en él que permita que el elemento tubular sea comprimido y expandido por el aro piezoeléctrico. En otra realización, el aro piezoeléctrico puede ser extraíble del elemento tubular y reutilizarse para otras aplicaciones. Por ejemplo, el elemento tubular puede estar ahusado formando un "cierre ahusado" donde el aro piezoeléctrico se encaja a presión con el elemento tubular. En otra realización, el aro piezoeléctrico puede estar unido permanentemente al elemento tubular formando una unidad integral.

En una realización, un elemento tubular conteniendo una chapa perforada puede estar acoplado operativamente a un depósito de líquido, o el depósito puede ser una parte integral del elemento tubular, de modo que se suministre líquido a la chapa perforada dentro del elemento tubular. De esta forma, cuando la chapa perforada se hace vibrar según la invención, gotitas de líquido son expulsadas de la chapa perforada en forma de aerosol. Opcionalmente, se puede disponer un aro alrededor de la periferia exterior del aro piezoeléctrico para facilitar la vibración de la chapa perforada a su frecuencia resonante. En realizaciones donde el elemento tubular y el aro piezoeléctrico no

están integrados con el depósito, se puede colocar juntas tóricas u otras juntas estancas entre el depósito y el elemento tubular que sirvan como juntas estancas a los líquidos que eviten la contaminación del aro piezoeléctrico, y también realicen el amortiguamiento del aro piezoeléctrico y el alojamiento de aerosolizador, incrementando por ello la eficiencia del sistema. En otra realización, el elemento tubular puede estar “encajado a presión” (es decir, formar un “ajuste de interferencia”) con una abertura de descarga del depósito.

En una realización de la invención, el depósito y el elemento tubular conteniendo la chapa perforada pueden estar integrados como una sola unidad, y el aro piezoeléctrico se puede deslizar sobre el depósito del aerosolizador para formar un encaje a presión con el elemento tubular. De esta forma, el aro piezoeléctrico se puede quitar sin contaminación potencial de sustancias dentro del depósito o elemento tubular, o del aerosol producido por la chapa perforada. En otra realización, el aro piezoeléctrico y el elemento tubular pueden estar unidos conjuntamente como una unidad integral.

El sistema de vibración de la presente invención se puede incorporar a varios productos y se puede conectar a suministros de potencia, electrónica para hacer vibrar el elemento de inducción de vibración, y análogos. En una realización, el sistema de vibración de la presente invención está conectado a un suministro de potencia usando un primer hilo que hace contacto eléctrico con una primera superficie del aro piezoeléctrico y un segundo hilo que hace contacto eléctrico con una segunda superficie del elemento de inducción de vibración. Estos hilos pueden estar situados en ranuras que rodean la superficie exterior del alojamiento en la que se coloca el sistema de vibración de modo que estén aislados de líquidos presentes en el depósito y dentro del elemento tubular del sistema de vibración.

Los ejemplos de productos que pueden emplear el sistema de vibración de la presente invención incluyen ventiladores, sistemas de presión positiva continua en la vía aérea (CPAP), nebulizadores de mano y análogos, así como dispositivos que utilizan la transmisión de ondas ultrasónicas en un medio fluido, tal como, por ejemplo, varios dispositivos sonar. Como un ejemplo, un circuito ventilador puede incluir una longitud de tubos, y el sistema de vibración de la presente invención puede estar acoplado operativamente a los tubos para introducir aerosol generado por el sistema de vibración al circuito ventilador. Como otro ejemplo, un aerosolizador se puede construir de un alojamiento que tiene una boquilla y el sistema de vibración de la invención se puede disponer en el alojamiento de modo que gotitas de líquido producidas por la chapa perforada vibrátil sean expulsadas a través de la boquilla y al sistema respiratorio del usuario.

Una realización de la invención proporciona un método ejemplar para hacer un sistema de vibración incluyendo los pasos de insertar una chapa vibrátil en una estructura de soporte que rodea la chapa; rodear la estructura de soporte incluyendo la chapa vibrátil con un elemento de inducción de vibración que está configurado para expandirse y contraerse radialmente; y accionar el elemento de inducción de vibración para producir la expansión y la contracción radiales contra el elemento de soporte produciendo la vibración axial de la chapa vibrátil.

En una realización concreta, un método de hacer un sistema de vibración incluye los pasos de proporcionar un elemento tubular con un lumen longitudinal, fijar una chapa circular vibrátil dentro del lumen de modo que la chapa vibrátil sea perpendicular al eje central del elemento tubular; proporcionar un aro piezoeléctrico que tiene una abertura central; colocar el elemento tubular dentro de la abertura central del aro piezoeléctrico de modo que la circunferencia exterior del elemento tubular esté en contacto con la circunferencia interior de la abertura y el elemento de inducción de vibración rodee la chapa vibrátil dentro del elemento tubular; y fijar el elemento de inducción de vibración al elemento tubular.

En otra realización, un método de hacer vibrar una chapa incluye los pasos de insertar una chapa vibrátil en una estructura de soporte que rodea toda la periferia de la chapa, insertar la estructura de soporte incluyendo la chapa vibrátil en la abertura central de un elemento de inducción de vibración que está configurado para expandirse y contraerse radialmente, y accionar el elemento de inducción de vibración para producir la expansión y la contracción radiales contra el elemento de soporte produciendo la vibración axial de la chapa vibrátil.

En otra realización, se facilita un método de tratar un paciente, que incluye los pasos de proporcionar un sistema de vibración incluyendo una chapa perforada circular vibrátil que tiene una circunferencia exterior, un elemento tubular dispuesto concéntricamente alrededor de la circunferencia exterior de la chapa vibrátil, donde el elemento tubular tiene una circunferencia exterior, y un elemento anular de inducción de vibración dispuesto concéntricamente alrededor de la circunferencia exterior del elemento tubular, donde el elemento de inducción de vibración es radialmente expansible y contráctil para hacer que la chapa perforada vibre en la dirección axial; suministrar un medicamento líquido a la chapa perforada mediante el elemento tubular; accionar el elemento de inducción de vibración para hacer vibrar la chapa perforada y aerosolizar el medicamento líquido; y suministrar el aerosol al sistema respiratorio del paciente.

Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1a y 1b son vistas en perspectiva despiezadas de un sistema de vibración de la invención.

La figura 2 es una vista en sección transversal parcial del sistema de vibración montado de las figuras 1a y 1b.

Las figuras 3a y 3b son vistas laterales en sección transversal del sistema de vibración de la figura 2.

5 La figura 4a es una vista lateral en sección transversal de una realización de un aerosolizador según la invención.

La figura 4b es una vista en sección transversal parcial del aerosolizador representado en la figura 4a.

La figura 4c es una vista en perspectiva del aerosolizador representado en la figura 4a.

10

La figura 4d es una vista lateral en sección transversal de otra realización de un aerosolizador según la invención.

La figura 5a es una vista en perspectiva de otra realización de un sistema de vibración según la invención.

15 La figura 5b es una vista en sección transversal parcial del sistema de vibración representado en la figura 5a

La figura 6 es una vista en perspectiva de otra realización de un sistema de vibración según la invención.

La figura 7a es una vista en perspectiva de otra realización de un aerosolizador según la invención.

20

La figura 7b es una vista lateral en sección transversal del aerosolizador de la figura 7a.

La figura 8 es una vista lateral en sección transversal de otra realización de un sistema aerosolizador según la invención.

25

Descripción detallada de la invención

Se debe indicar que, en el sentido en que se usa en esta memoria descriptiva y las reivindicaciones anexas, las formas singulares "un", "uno/una" y "el/la" incluyen los múltiplos a no ser que el contenido indique claramente lo contrario.

30

La referencia aquí a "una realización", "una versión" o "un aspecto" incluirá una o varias de tales realizaciones, versiones o aspectos, a no ser que el contexto indique claramente lo contrario.

35

En una o más realizaciones, el sistema de vibración de la presente invención incluye una chapa vibrátil, un elemento de soporte rodeando la chapa vibrátil, y un elemento de inducción de vibración rodeando el elemento de soporte, donde el elemento de inducción de vibración está configurado para expandirse y contraerse radialmente contra el elemento de soporte con el fin de producir vibración axial de la chapa vibrátil. La descripción detallada siguiente se refiere a una realización preferida de la invención donde la chapa vibrátil es circular, el elemento de soporte tiene una sección transversal circular, por ejemplo, un elemento tubular (cilíndrico o ahusado), en el que está dispuesta la chapa circular vibrátil, y el elemento de inducción de vibración es un disco anular que tiene una abertura central, es decir un aro piezoeléctrico, en el que está dispuesto el elemento de soporte. Sin embargo, se deberá entender que la invención no se limita a esta realización.

40

45

El elemento tubular se puede fabricar a partir de un metal resistente a la corrosión, por ejemplo, acero inoxidable (preferiblemente los grados 316, 303 o 416), titanio, o una aleación de cromo-níquel C-276 (por ejemplo, Hastelloy® C-276). El elemento tubular tiene preferiblemente paredes relativamente finas que pueden ser desviadas efectivamente por el aro piezoeléctrico. En una realización, el grosor de las paredes del elemento tubular es del rango de 0,1 mm a 0,5 mm, preferiblemente de aproximadamente 0,25 mm. En una realización, el elemento tubular puede tener una estructura de estante dispuesta alrededor de su superficie interior a la que la periferia de la chapa vibrátil se puede unir de modo que se extienda a través del lumen interno del elemento tubular perpendicular a su eje central.

50

55

Varios aros piezoeléctricos conocidos en la técnica pueden ser adecuados para uso como el elemento anular de inducción de vibración de la presente invención. En una realización, el aro piezoeléctrico puede incluir cualquier material que exhiba propiedades piezoeléctricas, por ejemplo, un material cerámico piezoeléctrico tal como circonato titanato de plomo (PZT) o metaniobato de plomo (PN) y puede tomar la forma de un disco de grosor sustancialmente constante con un agujero central. Tales aros piezoeléctricos se pueden obtener en el mercado, por ejemplo, de American Piezo Ceramics, Inc. (APC), Mackeyville, Pennsylvania, y de Morgan Electro Ceramics (MEC), Fairfield, New Jersey. Al aro piezoeléctrico se le puede suministrar una corriente eléctrica alterna a la frecuencia seleccionada desde una fuente de potencia; por ejemplo, el aro piezoeléctrico puede estar conectado eléctricamente por hilos a un controlador que contenga la electrónica necesaria para controlar la vibración del aro piezoeléctrico.

60

65

Según la invención, el elemento tubular está colocado dentro de la abertura central del aro piezoeléctrico. Cuando es accionado por los campos eléctricos alternos procedente del controlador, el aro piezoeléctrico se expande y contrae en la dirección radial contra las paredes del elemento tubular cerca de la chapa vibrátil. Este movimiento de

las paredes del elemento tubular expande y contrae la periferia de la chapa vibrátil, empujando por ello el centro de la chapa vibrátil de manera que oscile en la dirección axial, es decir, que se mueva hacia arriba y hacia abajo a lo largo del eje central del elemento tubular. Aunque el aro piezoeléctrico también puede vibrar en la dirección axial y puede crear una onda superficial transversal, solamente la vibración radial puede ser transmitida a la chapa vibrátil por el elemento tubular. De esta forma se elimina la superposición de modos de vibración contradictorios y se lleva a cabo una conversión eficiente de energía eléctrica a movimiento mecánico. La puesta en práctica de la presente invención también permite instalar el sistema de vibración directamente en un cuerpo rígido, tal como el bastidor o el alojamiento de un aerosolizador, nebulizador u otro dispositivo, sin tener que transferir la vibración a todo el cuerpo. Esto se debe principalmente a que los extremos del elemento tubular no vibran y por lo tanto pueden ser usados para instalar el sistema de vibración en el cuerpo rígido.

La invención puede ser especialmente útil cuando el elemento tubular se emplea para mantener una chapa perforada anular u otra estructura que tenga una pluralidad de agujeros. Cuando se aplica un líquido a un lado de la chapa perforada a través del elemento tubular y el aro piezoeléctrico es accionado, la chapa perforada oscila de manera que haga que se expulsen gotitas de líquido por los agujeros. El aerosol resultante puede ser dispensado entonces por el extremo abierto del elemento tubular.

Un tipo especialmente útil de chapa perforada es el que tiene agujeros ahusados que se ahúsan desde la superficie que contacta el líquido a la superficie donde las gotitas son expulsadas. Además, en algunas realizaciones, la chapa perforada puede tener forma de bóveda, aunque la invención no se limita a solamente tales chapas perforadas. Las chapas perforadas preferidas pueden tener un grosor en el rango de 20 a 100 micras. Los ejemplos de materiales piezoeléctricos y chapas perforadas que pueden ser usados con la invención se describen en las Patentes de Estados Unidos números 6.235.177 y 5.758.637. En otra realización, el aro piezoeléctrico puede hacerse vibrar a una frecuencia en el rango de aproximadamente 20 Khz a aproximadamente 500 Khz, por ejemplo, aproximadamente 128 Khz. En otra realización preferida, las gotitas pueden tener un tamaño adecuado para uso en farmacia, por ejemplo, en el rango de aproximadamente 3 micras (μm) a aproximadamente 6 μm , y el líquido puede ser aerosolizado a una tasa en el rango de aproximadamente 5-20 microlitros/segundo.

Con referencia ahora a las figuras 1a, 1b y 2, se describirá una realización de la presente invención. El sistema de vibración 10 incluye la chapa vibrátil 101, el elemento tubular 102 y el aro piezoeléctrico 103. El elemento tubular 102 tiene una circunferencia exterior 104 y una circunferencia interior 105, que definen conjuntamente una pared cilíndrica relativamente fina, que tiene preferiblemente un grosor en el rango de aproximadamente 0,1 mm a 0,5 mm. El centro hueco (lumen) del elemento tubular 102 termina en aberturas 106 y 107 en sus extremos opuestos. La estructura de montaje 111 incluye una arista circular que sobresale perpendicularmente de la circunferencia interior 105 al lumen del elemento tubular 102 en una posición, preferiblemente una posición central, entre las aberturas 106 y 107. El aro piezoeléctrico 103 incluye un disco anular de material piezoeléctrico que tiene un agujero central 108 con una circunferencia 112 aproximadamente igual a la circunferencia exterior 104 del elemento tubular 102. La chapa vibrátil 101 incluye una pestaña circular exterior 109 rodeando una porción central vibrátil circular fina 110.

En un método de hacer el sistema de vibración 10, el elemento tubular metálico 102 puede recibir primero la estructura de montaje 111 uniendo una arista de metal alrededor de la circunferencia interior 105 en una posición equidistante de los extremos 106 y 107. La chapa vibrátil 101 se puede colocar entonces concéntricamente dentro del lumen del elemento tubular 102 con la superficie inferior de la pestaña circular 109 colocada sobre la superficie superior de la estructura de montaje 111 y con la periferia exterior de la chapa vibrátil 101 contactando la circunferencia interior 105. La pestaña exterior 109 de la chapa vibrátil 101 se puede fijar a la estructura de montaje 111 usando un procedimiento de unión adecuado, por ejemplo, un proceso metalúrgico tal como soldadura dura, soldadura, suelda o análogos, o un proceso de unión química tal como unión adhesiva.

En una realización preferida, se puede poner un aro de soldadura dura de un material de relleno de soldadura dura resistente a la corrosión adecuado, por ejemplo, una mezcla de 70% de oro y 30% de cobre, entre la superficie superior de la estructura de montaje 111 y la pestaña exterior 109 de la chapa vibrátil 101. Todo el conjunto del elemento tubular 102, la chapa vibrátil 101 y el aro de soldadura dura se puede mantener en posición por un lastre colocado encima de la chapa vibrátil 101. El conjunto se puede poner en un horno y calentar a una temperatura suficiente para fundir la soldadura dura 1 y unir permanentemente las superficies en un procedimiento de soldadura dura convencional. En otra realización, la chapa vibrátil 101 se puede soldar a la estructura de montaje 111 usando materiales de suelda, tal como un material de suelda de estaño/plomo; sin embargo, este método puede no ser adecuado si el conjunto ha de estar expuesto a preparaciones farmacéuticas ácidas. En otra realización, la chapa vibrátil 101 se puede fijar a la estructura de montaje 111 por soldadura ultrasónica o láser.

Una vez que la chapa vibrátil 101 está fijada a través del lumen del elemento tubular 102, se puede colocar el elemento tubular 102 dentro del agujero central 108 del aro piezoeléctrico 103. En una realización, el elemento tubular 102 se puede colocar en una pieza de fijación que sujeta vertical el elemento tubular 102, y el aro piezoeléctrico 103 puede ser deslizado longitudinalmente hacia abajo por el elemento tubular 102 hasta que el aro piezoeléctrico 103 rodee la circunferencia exterior 104 en una posición directamente correspondiente a la posición de la estructura de montaje 111 y la chapa vibrátil 101 en la circunferencia interior 105 del elemento tubular 102. La circunferencia exterior 104 del elemento tubular 102 y la circunferencia 112 del agujero central 108 en el aro

piezoeléctrico 103 se pueden unir entonces conjuntamente, por ejemplo, depositando un adhesivo líquido adecuado alrededor de la unión de la circunferencia 104 y la circunferencia 112 y curando el adhesivo, por ejemplo, con luz UV. El adhesivo usado deberá ser capaz de transferir eficientemente la vibración desde el aro piezoeléctrico 103 al elemento tubular 102. Aunque el adhesivo tendría idealmente el módulo de elasticidad ("Módulo de Young") del aro piezoeléctrico, es decir aproximadamente 60 GPa (Giga Pascal), para lograr la transferencia última de vibración, esto no es posible con cualquier adhesivo. La mayoría de los adhesivos estructurales (tal como epoxi) tienen un módulo de elasticidad de material plástico, que puede ser aproximadamente 2 GPa, y deberán ser adecuados para la presente invención si se curan a aproximadamente dicha rigidez. Como ejemplos de adhesivos adecuados, se puede mencionar varios adhesivos epoxi y anaeróbicos, tal como adhesivos epoxi curados por UV comercialmente disponibles que se venden bajo la marca comercial Loctite.

Como se ha descrito previamente, el aro piezoeléctrico 103 está configurado para expandirse y contraerse radialmente cuando campos eléctricos alternos estén en comunicación con él mediante líneas eléctricas. Por ejemplo, como se ilustra en la figura 3a, el aro piezoeléctrico 103 se contrae radialmente hacia su abertura central (dirección D) cuando es accionado por un primer campo eléctrico. Esta contracción radial hace que el aro piezoeléctrico 103 empuje hacia dentro a lo largo de la circunferencia exterior 104 del elemento tubular 102 cerca de la estructura de montaje 111 y por ello aprieta la pared del elemento tubular 102. La constricción del elemento tubular 102 hace que la pestaña 109 también se estreche radialmente y, como resultado, la porción central 110 de la chapa vibrátil 101 se mueve axialmente en la dirección A. Cuando es accionado por un segundo campo eléctrico, como se representa en la figura 3b, el aro piezoeléctrico 103 se expande radialmente alejándose de su abertura central (dirección D'), liberando por ello la presión hacia dentro a lo largo de la circunferencia 104 del elemento tubular 102. Esta liberación de presión permite que la pestaña 109 se expanda radialmente, lo que hace que la porción central 110 de la chapa perforada 101 se desplace axialmente en la dirección A' a su posición original. Alternar continuamente los campos eléctricos produce una oscilación (vibración) de la porción central 110 entre las posiciones representadas en las figuras 3a y 3b.

Como se ha mencionado previamente, el sistema de vibración de la presente invención es especialmente útil para aerosolizar líquidos. Las figuras 4a, 4b y 4c ilustran un sistema de aerosolización (denominado aquí "aerosolizador 40") según realizaciones de la presente invención. Se usan los mismos números de referencia en cada figura para hacer referencia al mismo componente. Con referencia ahora a la figura 4a, el aerosolizador 40 incluye el alojamiento superior 401, el alojamiento inferior desmontable 405 y el sistema de vibración 10 (por ejemplo, véase la figura 2). El sistema de vibración 10 incluye el elemento tubular 102, el aro piezoeléctrico 103 y la chapa perforada 101. El alojamiento superior 401 incluye el depósito 402 configurado para mantener un volumen de líquido, por ejemplo, un medicamento líquido, y una porción cónica 403 en el extremo inferior del depósito 402 que termina en un tubo de descarga 404 definido por paredes cilíndricas 406. El tubo de enganche 407 definido por las paredes cilíndricas 408 del alojamiento superior 401 está dispuesto concéntricamente alrededor y rodea completamente el tubo de descarga 404.

El sistema de vibración 10 está adaptado para engancharse soltamente con el alojamiento superior 401, estando configurada la sección superior del elemento tubular 102 del sistema de vibración 10 (es decir, la sección del elemento tubular 102 encima del aro piezoeléctrico 103) para ser encajada a presión dentro del tubo de descarga 404 y estando configurado el aro piezoeléctrico 103 del sistema de vibración 10 para ser encajado a presión con el tubo de enganche 407. Cuando está montada, la sección superior del elemento tubular 102 del aro piezoeléctrico 103 está rodeada completamente por el tubo de descarga 404 y la superficie superior del aro piezoeléctrico 103 contacta el extremo inferior del tubo de descarga 404. Este acoplamiento a presión del elemento tubular 102 y del tubo de descarga 404 forma una junta estanca a los líquidos que evita que el líquido descargado desde el depósito 402 al tubo de descarga 404 entre en contacto con el aro piezoeléctrico 103.

El alojamiento inferior 405 incluye un tubo de recepción 411 definido por las paredes cilíndricas 412, la pestaña anular 413 dispuesta concéntricamente alrededor de la base del tubo de recepción 411 y la cámara de aerosol 414 definida por las paredes cilíndricas 415. El alojamiento inferior 405 puede estar adaptado para engancharse soltamente con el sistema de vibración 10 y el alojamiento superior 401, estando configurada la sección inferior del elemento tubular 102 del sistema de vibración 10 (es decir, la sección del elemento tubular 102 debajo del aro piezoeléctrico 103) para ser encajada a presión dentro del tubo de recepción 411 y estando configurada la pestaña anular 413 para ser encajada a presión dentro del tubo de enganche 407. Cuando está montada, la sección inferior del elemento tubular 102 está completamente rodeada por el tubo de recepción 411 y forma un paso directamente a la cámara de aerosol 414. La superficie inferior del aro piezoeléctrico 103 contacta el extremo superior del tubo de recepción 411 para mantener fijamente el sistema de vibración 10 dentro del tubo de enganche 407.

Con referencia ahora a las figuras 4b y 4c, el aro piezoeléctrico 103 puede recibir una corriente eléctrica por hilos 416 y 417 procedentes de baterías u otra fuente de potencia (no representada). Cada uno de los hilos 416 y 417 puede tener forma de "clip en c" y anidar respectivamente en ranuras 418 y 419 formadas alrededor de la periferia de las paredes 415 del alojamiento superior 401. El extremo terminal 420 del hilo 416 puede entrar en el tubo de enganche 407 a través de la abertura 422 en la pared 415 y hacer contacto eléctrico con la superficie superior del aro piezoeléctrico 103. El extremo terminal 421 del hilo 417 puede entrar en el tubo de enganche 407 a través del agujero 423 en la pared 415 del alojamiento superior 401 y hacer contacto eléctrico con la superficie inferior del aro

piezoeléctrico 103.

La porción central 110 de la chapa perforada 101 puede tener forma geométrica de cúpula, aunque se puede usar otras formas. Además, la porción central 110 puede incluir agujeros que se ahúsen desde el lado trasero (que mira al depósito 402) al lado delantero. Cuando el aerosolizador 40 se coloca en una orientación generalmente vertical, el líquido procedente del depósito 402 puede ser distribuido a y descansar en el lado trasero de la porción central 110 por la fuerza de la gravedad. El aro piezoeléctrico 103 está configurado para expandirse y contraerse radialmente cuando sea accionado por campos eléctricos alternos suministrados por los hilos 416 y 417. Al hacerlo, la pared del elemento tubular 102 también se contrae y expande. De esta forma, la porción central 110 vibra axialmente con el fin de expulsar gotitas de líquido por su lado delantero y por la abertura situada en la cámara de aerosol 414.

Una ventaja de usar el sistema de vibración 10 es que el aerosolizador 40 se puede construir de modo que el sistema de vibración 10 sea extraíble del alojamiento superior 401 y el alojamiento inferior 405. De esta forma, el sistema de vibración 10 (que contiene el aro piezoeléctrico 103 relativamente caro) puede ser reutilizado en otras aplicaciones. El alojamiento superior 401 y el alojamiento inferior 405, que pueden producirse de forma relativamente barata, pueden ser desechados después del uso. Otra ventaja de usar el sistema de vibración 10 es que los extremos del elemento tubular 102 se pueden conectar directamente a cuerpos rígidos, tal como la pared 406 del alojamiento superior 401 y la pared 412 del alojamiento inferior 405, sin afectar a la amplitud de oscilación de la chapa perforada 110. Esto permite que el aerosolizador 40 produzca más eficientemente gotitas de líquido.

Con referencia ahora a la figura 4d, el aerosolizador 40' es similar al aerosolizador 40 e incluye el alojamiento superior 401' conteniendo el depósito 402', el alojamiento inferior desmontable 405' conteniendo la cámara de aerosol 414', y el sistema de vibración 10', que incluye el elemento tubular 102', el aro piezoeléctrico 103' y la porción central 110' de la chapa perforada. Sin embargo, en el aerosolizador 40', la sección superior del elemento tubular 102' no se encaja a presión en el tubo de descarga 404' (como se representa en la figura 4a), sino que se puede colocar más bien juntas tóricas 420 para llenar un intervalo entre la sección superior del elemento tubular 102' y el tubo de descarga 404' del alojamiento 401'. De esta forma, se forma una junta estanca a los líquidos que evita que el líquido procedente del depósito 402' contacte el aro piezoeléctrico 103'. Igualmente, se puede colocar juntas tóricas 421 para llenar un intervalo entre la sección inferior del elemento tubular 102' y el tubo de recepción 411' del alojamiento inferior 405' para formar una junta estanca a los líquidos que evita que el aerosol producido a partir de la porción central 110' de la chapa perforada contacte el aro piezoeléctrico 103'. Consiguientemente, el aro piezoeléctrico 103' puede estar protegido contra la contaminación que puede evitar que sea reutilizable después de la extracción del aerosolizador 40', sin que se precisen las dimensiones ajustadas para un encaje a presión, como se ha descrito en conexión con el aerosolizador 40. Dado que las juntas tóricas 420 y 421 están colocadas en ambas superficies superior e inferior del aro piezoeléctrico 103' y sirven para impedir el contacto directo del aro piezoeléctrico 103' con el alojamiento superior 401' y el alojamiento inferior 405', las juntas tóricas 420 y 421 también pueden tener un efecto amortiguador que reduce la transferencia indeseable de vibración desde el aro piezoeléctrico 103' al alojamiento superior 401' y el alojamiento inferior 405'.

Otra realización de la presente invención se describirá con referencia ahora a las figuras 5a y 5b. El sistema de vibración 50 incluye un aro piezoeléctrico 502 que tiene una abertura central 504. El aro piezoeléctrico 502 se puede hacer de un material piezoeléctrico que se expanda y contraiga radialmente cuando sea accionado, como se ha explicado previamente. El elemento tubular 506 está dispuesto dentro de la abertura 504 y está adaptado para mantener la chapa perforada 508 dentro de su lumen interno 509 usando alguna de las técnicas aquí descritas. El elemento tubular 506 se puede hacer de un material rígido, tal como un plástico duro, metal, cerámica o análogos. El elemento tubular 506 puede incluir opcionalmente salientes 510 para proporcionar un buen contacto mecánico con el aro piezoeléctrico 502. Como una alternativa, el elemento tubular 506 puede estar ahusado para asegurar un buen contacto mecánico.

El elemento tubular 506 puede incluir uno o más segmentos elásticos 511 que se extienden radialmente desde posiciones en su circunferencia interior a posiciones correspondientes en su circunferencia exterior. Estos segmentos se pueden construir a partir de un material elastomérico y colocar en varias posiciones. Los segmentos elásticos 511 permiten construir el elemento tubular 506 de un material rígido (para sujetar fijamente la chapa perforada 508) permitiendo también al mismo tiempo que el elemento tubular 506 se expanda y contraiga radialmente con el aro piezoeléctrico 502. Más específicamente, cuando el elemento tubular 506 es retenido por el aro piezoeléctrico 502, los segmentos elásticos 511 se comprimen para reducir el diámetro del lumen 509. Cuando el aro piezoeléctrico 502 se expande radialmente, los segmentos elásticos 511 se expanden para aumentar el diámetro del lumen 509. Por lo tanto, la cantidad de expansión y contracción se puede variar en base en parte al tamaño, el número y los tipos de materiales elásticos usados.

Convenientemente, el sistema de vibración 50 puede estar acoplado a un depósito de un aerosolizador (no representado) para poder suministrar un líquido a la chapa perforada 508. Además, también se puede usar otros sistemas de administración de líquido, tal como sistemas de mecha, y análogos. Alternativamente, el sistema de vibración 50 puede estar incorporado a otros sistemas, tales como nebulizadores, ventiladores y análogos.

La figura 6 ilustra el sistema de vibración 50, representado en las figuras 5a y 5b, con un aro exterior 512 dispuesto

alrededor de la circunferencia exterior del aro piezoeléctrico 502, que, a su vez, está colocado alrededor del elemento tubular 506. El aro 512 se puede emplear para regular la frecuencia operativa del aro piezoeléctrico 502. En muchas aplicaciones, es deseable operar el aro piezoeléctrico 502 a una frecuencia de aproximadamente 130 Khz, que es la frecuencia de resonancia aproximada de la chapa perforada. Cuando el aro piezoeléctrico 502 es
5 hace a partir de un material piezocerámico, su frecuencia es inversamente proporcional a su diámetro, donde:

$$f = (1/2\pi r)X\sqrt{(E/p)}$$

Por lo tanto, si el diámetro del aro piezoeléctrico 502 se hace más grande para reducir la frecuencia del aro
10 piezoeléctrico, el aro piezoeléctrico 502 puede ser demasiado grande para algunas aplicaciones. Se puede obtener una frecuencia operativa baja del aro piezoeléctrico 502 porque el material piezoeléctrico es "blando" y pesado. Para aumentar la frecuencia sin incrementar el diámetro, se puede añadir un aro exterior 512 (que se puede construir de un material rígido y ligero, tal como nitruro de silicio). La combinación del aro 512 y del aro piezoeléctrico 502 sirve para aumentar la frecuencia al rango deseado.

Con referencia a las figuras 7a y 7b, se describirá una realización de un sistema de aerosolización según la presente
15 invención. El sistema 80 incluye un aerosolizador que, por razones de conveniencia de la explicación, incluye un sistema de vibración 50 que tiene un aro 512, como se representa en la figura 6, aunque se apreciará que también se podría usar otros sistemas de vibración de la invención. Un recipiente 802 para contener un líquido está acoplado a (o formado integralmente con) el elemento tubular 506 del sistema de vibración 50. Se puede facilitar convenientemente una tapa 804 para cerrar el recipiente 802 después de llenarlo de líquido. También está acoplada al elemento tubular 506 una salida 806 a través de la que se puede dispensar un aerosol producido por la chapa perforada 508. Se puede disponer juntas tóricas o juntas estancas 805 entre el recipiente 802 y el sistema de
20 vibración 50, y entre el sistema de vibración 50 y la salida 806 para proporcionar un sellado y amortiguamiento adecuados entre los componentes.

Una característica concreta del sistema de aerosolización 80 es que el aro piezoeléctrico 502 tiene un diámetro
30 interior suficientemente grande que se puede deslizar sobre la salida 806 y el recipiente 802. De esta forma, el sistema 80 se puede montar y desmontar fácilmente para quitar el aro piezoeléctrico 502. Además, el aro piezoeléctrico 502 no entra en contacto con ningún líquido y por lo tanto puede ser reutilizado con otro sistema de aerosolización. Además, el recipiente 802, el elemento tubular 506 y la chapa perforada 508 se pueden construir de modo que sean relativamente baratos de manera que se puedan desechar después del uso. Además, el sistema 80 se puede incorporar fácilmente a otros sistemas, tales como nebulizadores de mano, ventiladores y análogos.

En la operación, el recipiente 802 se llena de líquido y se pone la tapa 804 en posición. Se desliza el aro
35 piezoeléctrico 502 sobre el recipiente 802 y se coloca sobre el elemento tubular 506. Se suministra corriente eléctrica al aro piezoeléctrico 502 para hacer que se expanda y contraiga. Al hacerlo, el líquido que está en contacto con la chapa perforada 508 es expulsado como gotitas de líquido a la salida 806. Después del uso, el recipiente 802 se puede rellenar o se puede desechar guardando el aro piezoeléctrico 502.

La figura 8 ilustra otra realización de la invención donde el sistema de aerosolización 90 incluye el elemento tubular
40 906 incluyendo un extremo afilado 901 y un extremo de descarga 903. Como se ha descrito previamente, el elemento tubular 906 también contiene una chapa perforada (no representada) a través de su lumen interno. El aro piezoeléctrico 904 está dispuesto alrededor del elemento tubular 906. Cuando el sistema de aerosolización 90 no está en uso, el extremo afilado 901 puede tener una cubierta (no representada) que lo protege contra el daño y contaminación. Cuando se ha preparado para el uso, la cubierta se puede quitar y el extremo afilado 901 se puede insertar a través de la membrana superior de un vial 902, que contiene líquido 905 a aerosolizar. El líquido 905 es distribuido entonces a través del extremo afilado 901 y el lumen del elemento tubular 906 a la chapa perforada contenida. El aro piezoeléctrico 904 puede ser accionado para hacer vibrar la chapa perforada y por ello aerosolizar
45 líquido 905 de la manera antes descrita. El aerosol resultante es dispensado entonces a través del extremo de descarga 903. Después del uso, se puede retirar el vial 902 del extremo afilado 901 y desechar, se puede quitar el aro piezoeléctrico 904 del conjunto para reutilización, y se puede desechar el conjunto restante.

Como se ha mencionado previamente, los aerosolizadores aquí descritos pueden ser incorporados a otros sistemas.
55 Se describen ejemplos de sistemas de ventilador, por ejemplo, en la Solicitud de Patente de Estados Unidos, en tramitación, número 10/828.765, presentada el 20 de Abril de 2004. El sistema descrito en ella es especialmente útil en terapias de presión continua en la vía aérea (CPAP) para neonatos y bebés. Consiguientemente, un aerosolizador de la presente invención puede ser acoplado a tal ventilador o circuito CPAP para suministrar medicamento aerosolizado al sistema respiratorio del paciente, por ejemplo, a través de un dispositivo de interfaz de
60 paciente. Cuando finaliza el tratamiento, el aerosolizador, o algunos de sus componentes, se pueden quitar y reutilizar, mientras que otros componentes del sistema pueden ser desechados.

Como otro ejemplo, el aerosolizador de la presente invención puede ser incorporado a un nebulizador como el descrito en la Solicitud de Patente de Estados Unidos, en tramitación, número 10/833.932, presentada el 27 de Abril

de 2004. El nebulizador incluye un alojamiento principal acoplado a un alojamiento de aerosolizador, que puede incluir un sistema de aerosolización tal como el descrito previamente en conexión con el aerosolizador 40 representado en las figuras 4a, 4b y 4c, incluyendo un depósito para contener un medicamento líquido que haya de ser aerosolizado y un sistema de vibración según la presente invención que tiene una chapa perforada con una pluralidad de agujeros ahusados que se extiende entre una primera superficie y una segunda superficie, como se describe en las Patentes de Estados Unidos números 5.164.740, 5.586.550, 5.758.637, y 6.085.740. El nebulizador también puede tener una boquilla acoplada al alojamiento principal. Al menos una porción del elemento tubular del sistema de vibración de la presente invención se puede disponer en el alojamiento de modo que se expulsen gotitas de líquido a través de la boquilla para que el paciente pueda inhalar el medicamento aerosolizado. Los agujeros en la chapa perforada pueden estar dimensionados para producir un aerosol en el que aproximadamente 70% o más de las gotitas en peso tengan un tamaño en el rango de aproximadamente 1 a aproximadamente 5 micras. Después del uso, el alojamiento de aerosol se puede quitar del alojamiento principal. El líquido se puede rellenar, o se puede sustituir uno o varios componentes. Por ejemplo, el sistema de vibración se puede quitar y reutilizar con otro nebulizador.

Una realización de la presente invención proporciona un método de tratar un paciente que exhibe uno o más síntomas de infección u otra enfermedad o trastorno respiratorio. El método incluye en general los pasos de: proporcionar un sistema de vibración incluyendo una chapa perforada circular vibrátil que tiene una circunferencia exterior, un elemento tubular dispuesto concéntricamente alrededor de la circunferencia exterior de la chapa vibrátil, donde el elemento tubular tiene una circunferencia exterior, y un elemento anular de inducción de vibración dispuesto concéntricamente alrededor de la circunferencia exterior del elemento tubular, donde el elemento de inducción de vibración es radialmente expansible y contráctil para hacer que la chapa perforada vibre en la dirección axial; suministrar un medicamento líquido al sistema de vibración; hacer que el elemento de inducción de vibración haga vibrar la chapa perforada y aerosolizar el medicamento; y suministrar el aerosol al sistema respiratorio del paciente.

Un generador de aerosol según la presente invención tiene la capacidad de producir un flujo de aerosol alto con relación a la potencia de entrada. Por ejemplo, cuando se usa solución salina estándar (2% NaCl), la tasa de flujo de aerosol que tiene un diámetro volumétrico medio (VMD) de 4 micras puede ser 15 microlitros/segundo y el consumo de potencia del generador puede ser 3 vatios.

La invención se ha descrito en detalle para claridad y comprensión. Sin embargo, se apreciará que se pueden poner en práctica algunos cambios y modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de vibración (10) incluyendo:
- 5 una chapa circular vibrátil (101) que tiene una circunferencia exterior;
- un elemento de soporte tubular (102) para recibir y sujetar la chapa vibrátil (101) concéntricamente en el elemento de soporte tubular de modo que la chapa vibrátil sea perpendicular al eje central del elemento de soporte tubular, rodeando el elemento de soporte (102) la circunferencia exterior de la chapa vibrátil (101) y alineando la chapa vibrátil (101), donde el elemento de soporte tubular (102) tiene una circunferencia interior (105) y una circunferencia exterior (104); y donde la circunferencia exterior de la chapa vibrátil (101) está colocada dentro y contacta la circunferencia interior (105) del elemento de soporte (102);
- 10
- un elemento anular de inducción de vibración (103) dispuesto concéntricamente alrededor de la circunferencia exterior (104) del elemento de soporte y rodeando el elemento de soporte (102), donde el elemento de inducción de vibración (103) está configurado para expandirse y contraerse radialmente contra el elemento de soporte (102) con el fin de producir vibración axial de la chapa vibrátil (101), y
- 15
- una estructura de montaje (111) dispuesta dentro del elemento de soporte tubular (102), soportando la estructura de montaje (111) la chapa vibrátil (101).
- 20
2. Un sistema de vibración (10) según la reivindicación 1, donde elemento de inducción de vibración (103) tiene una abertura central (108) en la que está dispuesto el elemento de soporte (102).
- 25
3. Un sistema de vibración (10) según la reivindicación 2, donde el elemento de soporte (102) incluye un elemento tubular de pared fina y el elemento de inducción de vibración (103) es un aro piezoeléctrico.
4. Un sistema (10) según la reivindicación 1, donde la chapa (101) incluye una pluralidad de agujeros ahusados.
- 30
5. Un sistema (10) según la reivindicación 4, donde la chapa (101) tiene un grosor del rango de aproximadamente 20 micras a aproximadamente 100 micras.
6. Un sistema (10) según la reivindicación 4, donde la chapa (101) tiene forma de cúpula.
- 35
7. Un sistema (10) según la reivindicación 4, incluyendo además un depósito (402) de líquido que está adaptado para suministrar el líquido a la chapa (101).
8. Un sistema (10) según la reivindicación 4, donde el elemento tubular (102) incluye un extremo afilado (901) adaptado para extraer líquido de un vial (902) de líquido perforando una membrana que cubre una abertura en dicho vial (902).
- 40
9. Un sistema (10) según la reivindicación 1, donde el elemento tubular (102) tiene un grosor de pared del rango de aproximadamente 0,1 mm a aproximadamente 0,5 mm.
- 45
10. Un sistema (10) según la reivindicación 1, donde el elemento de inducción de vibración (103) incluye un aro piezoeléctrico.
11. Un sistema (50) según la reivindicación 10, donde el elemento tubular (506) incluye al menos un segmento elástico (511) dispuesto en él.
- 50
12. Un sistema (50) según la reivindicación 11, donde un aro está dispuesto alrededor de la circunferencia exterior del aro piezoeléctrico (502) para regular la frecuencia operativa del aro piezoeléctrico (502).
13. Un sistema (10) según la reivindicación 1, incluyendo además un controlador para controlar la expansión y la contracción radiales del elemento de inducción de vibración (103) e hilos (416, 417) que conectan el controlador al elemento de inducción de vibración (103).
- 55
14. Un sistema (10) según la reivindicación 1, donde el elemento de inducción de vibración (103) se puede quitar del elemento tubular (102).
- 60
15. Un sistema de vibración (10) según la reivindicación 1, donde el elemento de inducción de vibración (103) es un aro piezoeléctrico que tiene un agujero central (108) con una circunferencia interior adaptada para expandirse y contraerse radialmente cuando es activada eléctricamente, y el elemento de soporte (102) es un elemento tubular dispuesto dentro del agujero central (108) del aro piezoeléctrico (103), teniendo dicho elemento tubular (102) una circunferencia exterior (104) en contacto con la circunferencia interior de dicho agujero central (108) y una pared cilíndrica que define un lumen interno que se extiende la longitud del elemento tubular (102);
- 65

al menos una conexión eléctrica a dicho aro piezoeléctrico (103) para su accionamiento eléctrico;

una chapa perforada circular vibrátil (101) adaptada para aerosolizar un líquido a su vibración axial;

5 donde la chapa vibrátil (101) está dispuesta a través del lumen interno del elemento tubular (102) y en contacto con la circunferencia interior del lumen en una posición coincidente con la circunferencia interior del agujero central (108) del aro piezoeléctrico (103); y

10 un depósito (402) de líquido acoplado al elemento tubular (102) para suministrar líquido a la chapa perforada vibrátil (101), por lo que la expansión y la contracción radiales del aro piezoeléctrico (103) contra la pared del elemento tubular (102) hacen que la chapa vibrátil (101) vibre en la dirección axial y aerosolice el líquido.

15 16. Un sistema de vibración (10) según la reivindicación 15, donde la chapa vibrátil (101) tiene forma de cúpula y tiene una pluralidad de agujeros ahusados.

17. Un sistema de vibración (10) según la reivindicación 15, donde el aro piezoeléctrico (103) incluye material cerámico piezoeléctrico.

20 18. Un sistema de vibración (10) según la reivindicación 15, incluyendo además un circuito de un sistema de ventilador conectado operativamente al elemento tubular (102) con el fin de dispensar aerosol generado por dicha chapa perforada vibrátil (101) a dicho circuito.

25 19. Un sistema de vibración (10) según la reivindicación 15, donde dicho aro piezoeléctrico (103), dicho elemento tubular (102), dicha chapa perforada vibrátil (101) y dicho depósito (402) están dispuestos dentro del alojamiento de un nebulizador que tiene una boquilla.

20. Un sistema de vibración (10) según la reivindicación 1, donde:

30 el elemento de soporte (102) incluye una pared cilíndrica que define un lumen longitudinal;

la estructura de montaje (111) se extiende desde la pared cilíndrica y la chapa vibrátil (101) está dispuesta a través del lumen; y

35 el elemento de inducción de vibración (103) imparte vibración radial a la pared cilíndrica del elemento de soporte tubular (102) con el fin de producir vibración axial en la chapa vibrátil (101).

40 21. Un sistema de vibración (10) según la reivindicación 20, donde la chapa vibrátil (103) es una chapa perforada que tiene una superficie trasera en contacto con un líquido y una superficie delantera opuesta a ella, donde gotitas de líquido son expulsadas de la superficie delantera formando un aerosol a dicha vibración axial de la chapa perforada (101).

45 22. El sistema de vibración (10) de la reivindicación 1, donde una porción del sistema de vibración (10) es desechable.

23. El sistema de vibración (10) de la reivindicación 1, donde el elemento de inducción de vibración (103) está en alineación coplanar con una periferia de la chapa vibrátil (101).

24. Un método de hacer un sistema de vibración (10) incluyendo:

50 alinear una chapa vibrátil (101) dentro de un elemento de soporte tubular (102) que rodea la chapa vibrátil (101), donde el elemento de soporte (102) tiene una circunferencia interior (105), y donde la circunferencia interior (105) del elemento de soporte (102) está en contacto con una circunferencia exterior de la chapa vibrátil (101), y donde la alineación incluye colocar la chapa vibrátil (101) en contacto con una estructura de montaje (111) del elemento de soporte tubular (102); y

colocar alrededor del elemento de soporte (102) un elemento de inducción de vibración (103) configurado para expandirse y contraerse radialmente contra el elemento de soporte (102) para producir vibración axial de la chapa vibrátil (101).

60 25. El método según la reivindicación 24, donde el elemento de soporte (102) es un elemento tubular que tiene un lumen longitudinal, la chapa vibrátil (101) es circular, y el elemento de inducción de vibración (103) es un aro piezoeléctrico, y donde el método incluye además: alinear y fijar la chapa circular vibrátil (101) dentro del lumen de modo que la chapa (101) sea perpendicular y cubra el lumen del elemento tubular (102);

65 colocar el elemento tubular (102) dentro del agujero central (108) del aro piezoeléctrico (103) de modo que la chapa

vibrátil (101) dentro del lumen del elemento tubular (102) esté rodeada por el aro piezoeléctrico (103) en contacto con la circunferencia exterior (104) del elemento tubular (102); y

5 fijar el aro piezoeléctrico (103) al elemento tubular (102).

26. Un método de hacer un sistema de vibración (10) según la reivindicación 25, incluyendo además los pasos de:

unir una arista (111) alrededor de la circunferencia interior (105) del elemento tubular (102);

10 colocar la chapa vibrátil (101) en la arista (111); y

broncesoldar o soldar la chapa vibrátil (101) a la arista (111).

15 27. Un método de hacer un sistema de vibración (10) según la reivindicación 25, donde el aro piezoeléctrico (103) está unido al elemento tubular (102) con un adhesivo capaz de transferir eficientemente la vibración desde el aro piezoeléctrico (103) al elemento tubular (102).

28. Un método según la reivindicación 24, incluyendo además los pasos de:

20 accionar el elemento de inducción de vibración (103) para producir expansión y contracción radiales contra el elemento de soporte (102) para producir vibración axial de la chapa vibrátil (101).

29. Un método según la reivindicación 28, donde el elemento de soporte (102) filtra la vibración distinta de la vibración axial.

25 30. Un método según la reivindicación 24, donde:

el elemento de soporte (102) es un elemento tubular que tiene una circunferencia exterior (104);

30 el elemento de inducción de vibración (103) es un aro piezoeléctrico colocado concéntricamente alrededor de la circunferencia exterior (104) del elemento tubular (102) en una posición coincidente con la circunferencia exterior de la chapa (101); y donde el método incluye además:

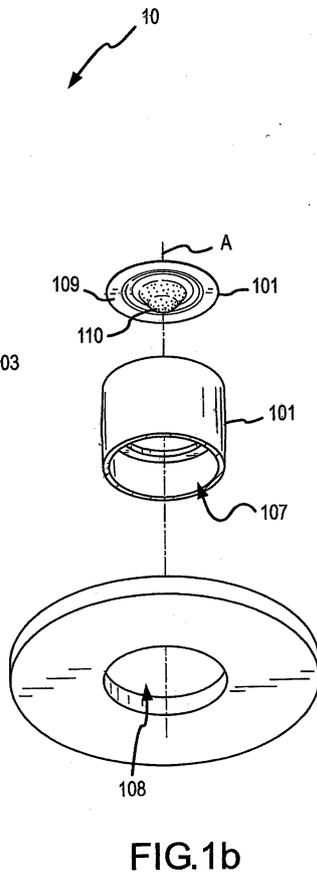
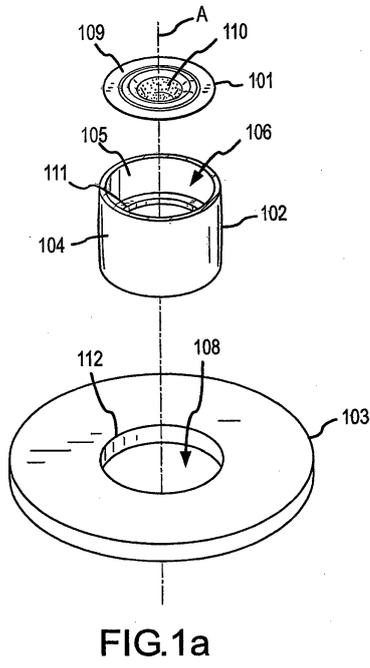
35 expandir y contraer radialmente el aro piezoeléctrico (103) contra el elemento tubular (102) con el fin de hacer que la chapa (101) vibre en la dirección axial.

31. Un método según la reivindicación 30, donde el aro piezoeléctrico (103) se hace vibrar a una frecuencia del rango de aproximadamente 20 KHz a aproximadamente 500 KHz.

40 32. Un método según la reivindicación 30, donde la chapa (101) incluye una pluralidad de agujeros, e incluyendo además suministrar un líquido a la chapa (101) para aerosolizar el líquido como gotitas de líquido.

45 33. Un método según la reivindicación 32, donde las gotitas tienen un tamaño en el rango de aproximadamente 3 micras a 6 micras, y donde el líquido es aerosolizado a una tasa de aproximadamente 5 microlitros/segundo a aproximadamente 20 microlitros/segundo.

34. Un método según la reivindicación 32, incluyendo además acoplar un depósito (402) al elemento tubular (102) para suministrar el líquido a la chapa (101).



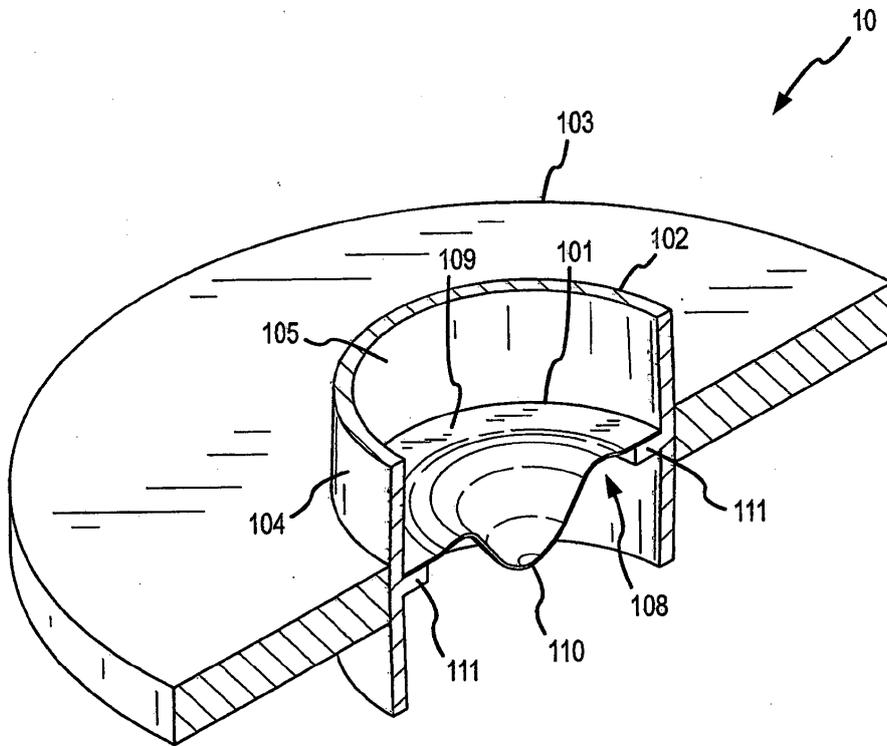


FIG.2

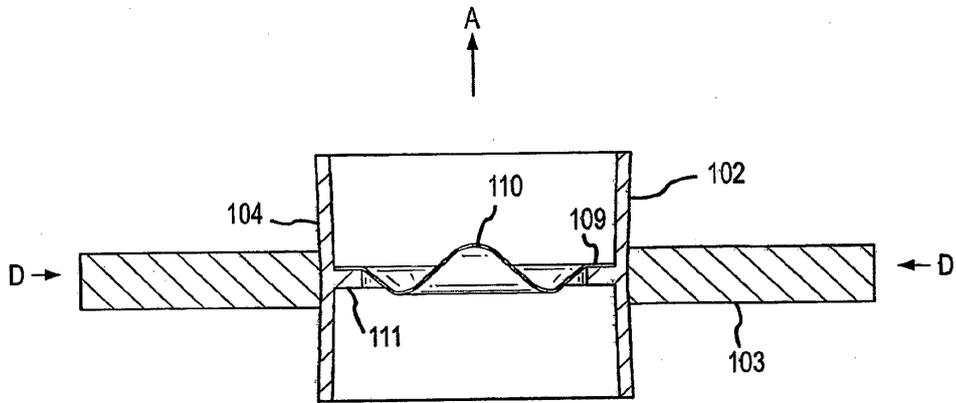


FIG.3a

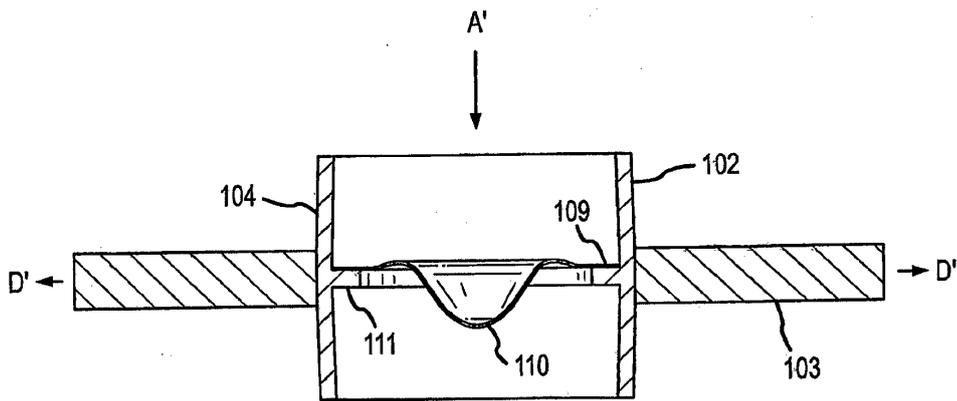


FIG.3b

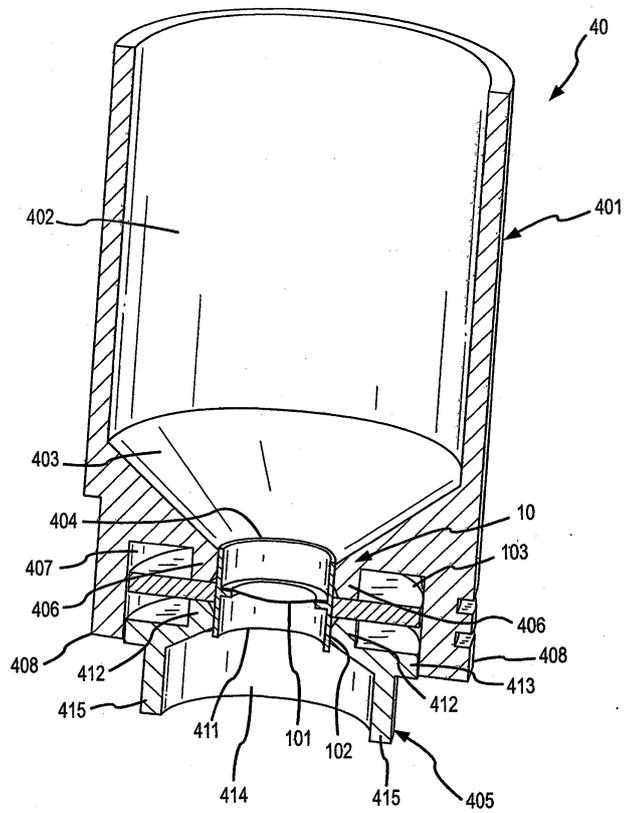


FIG.4a

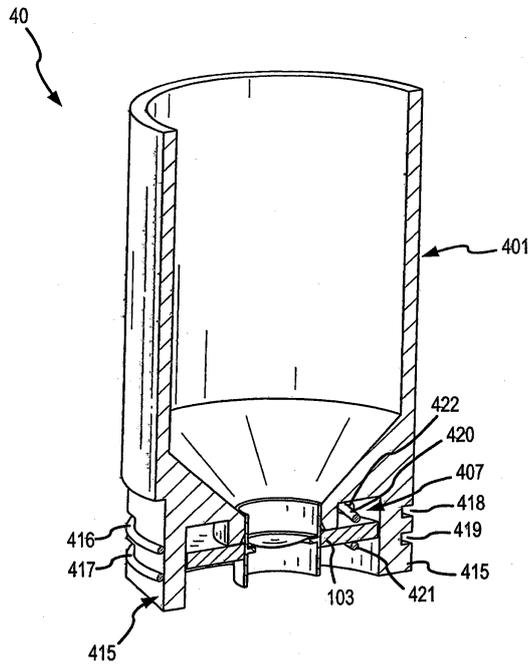


FIG.4b

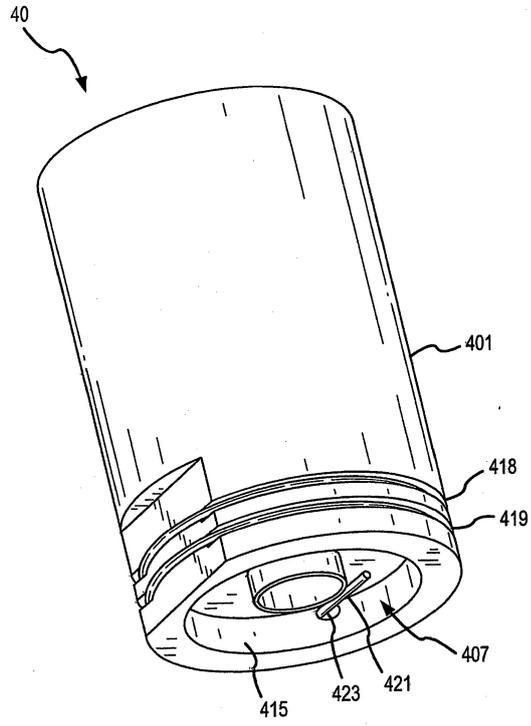


FIG.4c

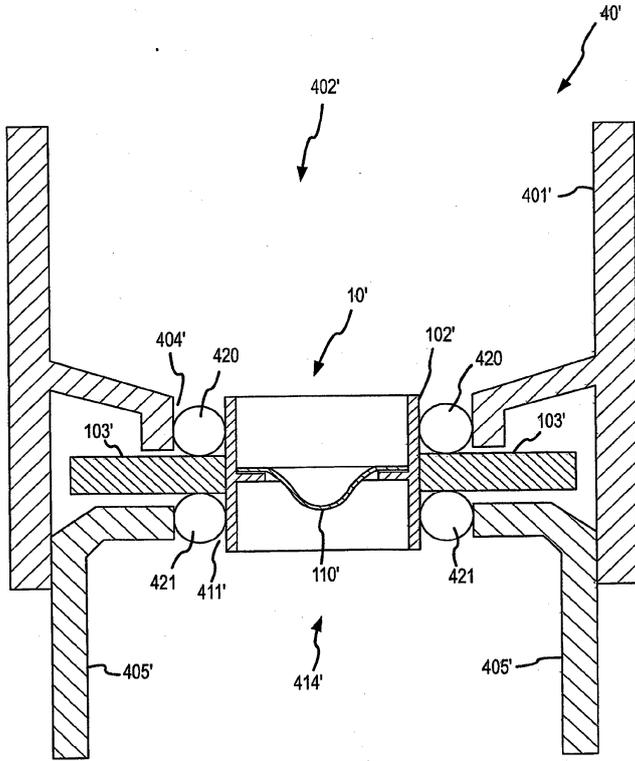


FIG.4d

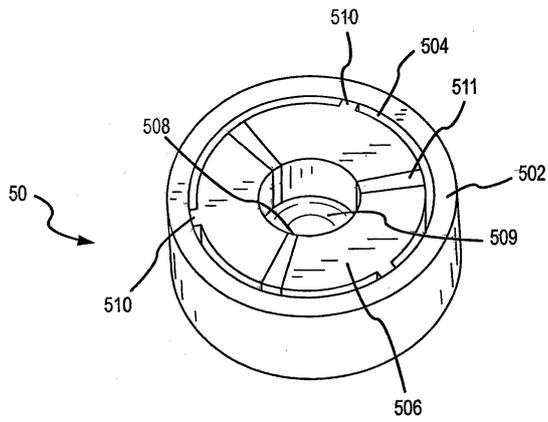


FIG.5a

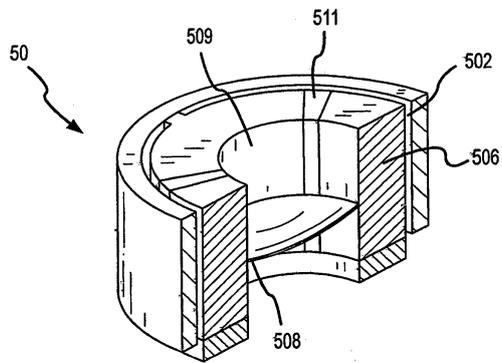


FIG.5b

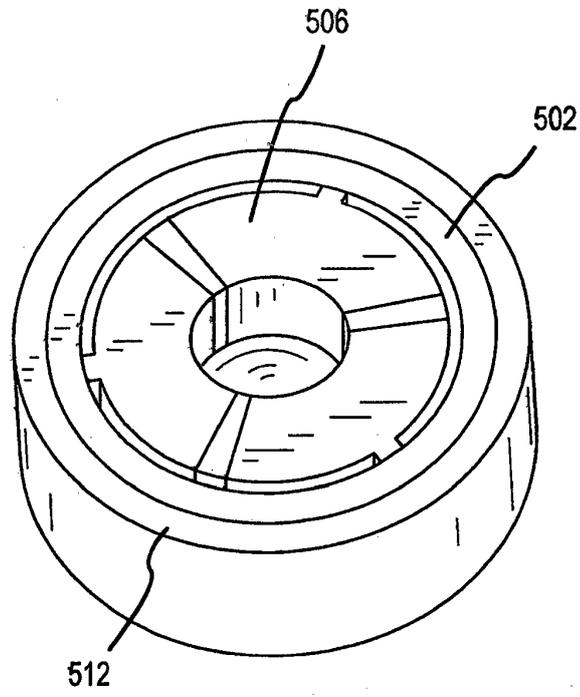
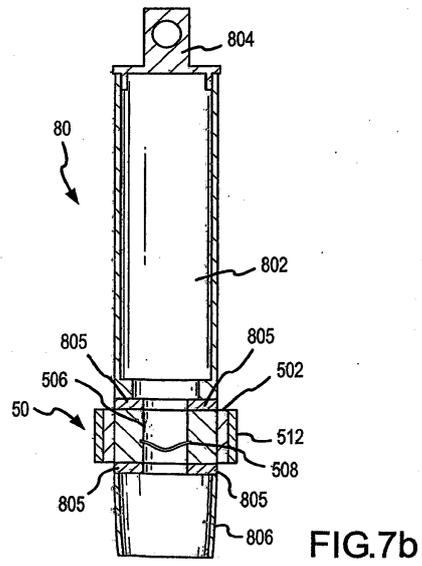
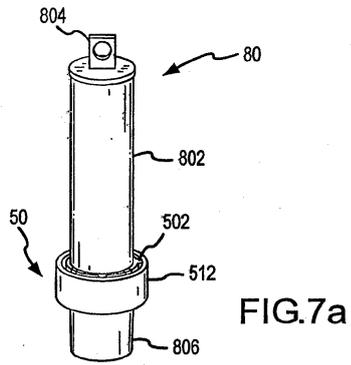


FIG.6



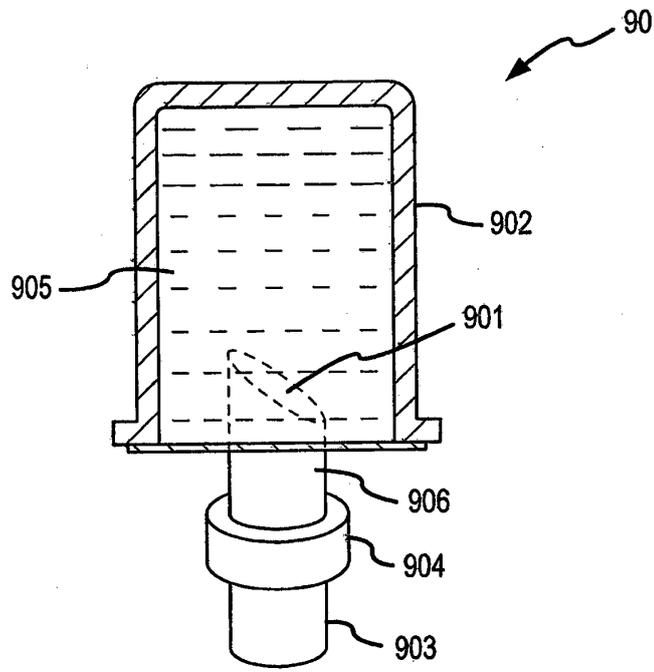


FIG.8