



**República Federativa do Brasil**  
Ministério da Indústria, Comércio Exterior  
e Serviços  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) PI 0611198-0 B1**

**(22) Data do Depósito: 17/04/2006**

**(45) Data de Concessão: 06/02/2018**



---

**(54) Título:** SISTEMAS E MÉTODOS DE VIBRAÇÃO

**(51) Int.CI.:** A61M 15/00; A61M 16/00

**(30) Prioridade Unionista:** 25/05/2005 US 60/684.720

**(73) Titular(es):** AEROGEN, INC.

**(72) Inventor(es):** YEHUDA IVRI

**SISTEMAS E MÉTODOS DE VIBRAÇÃO****REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS**

Este pedido reivindica o benefício do Pedido Provisório U.S. N° 60/684.720, depositado em 25 de maio de 5 2005, intitulado "Aerosolizer System With Reusable Components And Methods For Making", cuja exposição completa é incorporada aqui como referência.

**ANTECEDENTES DA INVENÇÃO**

Esta invenção se refere geralmente a um sistema de 10 vibração que transfere eficientemente uma vibração radial a partir de um membro de indução de vibração para a produção de uma vibração axial em um membro vibratória através de um membro de suporte que filtra uma vibração indesejável. Em modalidades preferidas, um transdutor piezoelétrico imprime 15 uma oscilação ultra-sônica a uma placa vibratória, particularmente, uma placa de abertura (orifício) vibrando de um dispositivo gerador de aerossol, onde a placa vibrando é perfurada com furos e é operável em um meio fluido. A invenção também pode ser útil no campo de 20 transmissão de onda ultra-sônica em um meio fluido incluindo, mas não limitando, um sonar submerso, um sonar de profundidade e um sonar de detecção de obstáculo.

Os dispositivos em que uma placa de abertura circular é vibrada usando-se um transdutor piezoelétrico na forma de 25 um anel são bem conhecidos na técnica. Por exemplo, na Patente U.S. N° 4.605.167 de Maehara, uma placa vibratória tendo pelo menos uma abertura de bocal ali é presa a um alojamento rígido e um anel piezoelétrico é preso à placa vibratória para induzir ali um deslocamento para descarga 30 de uma pequena quantidade de líquido através da abertura de

bocal. Em outros dispositivos descritos na técnica, uma placa vibratória circular é ligada diretamente ao anel piezoelétrico e cobre a abertura central no anel piezoelétrico; por exemplo, conforme descrito na Patente 5 U.S. N° 5.297.734 de Toda. Como outros exemplos, a Patente U.S. N° 5.518.179 de Humberstone et al., a Patente U.S. N° 5.261.601 de Ross et al. e a Patente U.S. N° 6.062.212 de Davidson et al. descrevem dispositivos de vibração em que uma placa vibratória circular é montada sobre a abertura 10 central de um membro anular fino, ou "arruela", o qual é ligado a um anel piezoelétrico. Quando atuado, o anel piezoelétrico vibra radialmente, para fazer com que a arruela opere em um "modo de flexão" que vibra a placa vibratória na direção axial. Quando estes tipos de 15 dispositivos são fabricados, os componentes devem ser cuidadosamente alinhados de forma concêntrica uns com os outros, quando a placa vibratória for afixada à arruela e a arruela for posicionada sobre a abertura no anel piezoelétrico.

20 A instalação de um transdutor ultra-sônico diretamente sobre um quadro rígido ou alojamento, tal como ensinado por Maehara, também é problemática. A razão é que o corpo inteiro do transdutor vibra, com algumas porções vibrando a uma amplitude pequena e algumas porções vibrando a uma 25 amplitude amplificada. Quando o transdutor é instalado no acessório rígido, a amplitude de oscilação é reduzida. Um outro problema com os arranjos da técnica anterior é que o anel piezoelétrico vibra naturalmente em três direções (isto é, nos eixos X, Y e Z) e transmite essa vibração para 30 a placa vibratória. As vibrações que são transmitidas para

a placa são sobrepostas e a contribuição da vibração axial pode ser cancelada ou parcialmente cancelada. Portanto, é desejável filtrar a vibração indesejável do elemento piezoelétrico e para usar apenas uma vibração em uma  
5 direção única, por exemplo, a direção axial. Tentativas para se dirigir a este problema incluíram a montagem da placa vibratória nos membros retentores resilientes, ou "garras", por exemplo, conforme descrito na Patente U.S. N° 6.450.419 de Martens III et al; o suporte de um transdutor  
10 do tipo bimorfo em anéis em O de borracha, por exemplo, conforme descrito na Patente U.S. N° 5.261.601 de Ross et al. e na Patente U.S. N° 5.518.179 de Humberstone et al.; e a manutenção do anel piezoelétrico no lugar com um ilhó, por exemplo, conforme descrito na Patente U.S. N° 6.293.474  
15 de Helf et al. e na Patente U.S. N° 6.382.522 de Tomkins et al.

Os dispositivos descritos acima traduzem a vibração radial de um anel piezoelétrico em vibração axial de uma placa perfurada para a distribuição de um líquido como um  
20 aerossol. Em um outro tipo de dispositivo, o transdutor piezoelétrico pode ser tubular e pode se expandir e contrair axialmente (na direção do eixo geométrico central do tubo) para mover uma placa perfurada. Por exemplo, veja a Patente U.S. N° 5.838.350 de Newcombe et al.

25 Geralmente, em um transdutor piezoelétrico que opera em um meio fluido, tais como aqueles usados em aerossolizadores, há uma necessidade de separação do elemento piezoelétrico do elemento vibratória, de modo que o elemento vibratória possa ser submerso no líquido e o  
30 elemento piezoelétrico possa ser eletricamente isolado do

líquido. Em alguns casos, esse isolamento pode ser provido pelo envolvimento do elemento piezoelétrico com um material elastomérico. Esse material, embora provendo um isolamento elétrico, também tem características de absorção de energia que amortecem a amplitude de oscilação do transdutor piezoelétrico e, portanto, tem um efeito adverso sobre a eficiência do dispositivo.

Atualmente, há uma ampla variedade de aerossolizadores e nebulizadores. De interesse em particular são aqueles os quais vibram uma placa de abertura ou um outro elemento para a produção do aerossol. Os exemplos de alguns destes aerossolizadores são descritos nas Patentes U.S. N° 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 e 6.851.626, cada uma das quais sendo incorporada aqui como referência em sua totalidade. Uma questão com os aerossolizadores (especialmente aqueles usados para aplicações médicas usando líquidos altamente corrosivos) é da contaminação e da corrosão das partes. Certas partes do aerossolizador que são expostas a líquidos podem precisar ser lavadas ou descartadas de modo a se manter o aerossolizador em boa ordem de trabalho. Muitas destas partes são difíceis de limpar e, uma vez que os transdutores piezoelétricos e sua eletrônica associada podem ser relativamente dispendiosos, torná-los descartáveis pode não ser economicamente praticável. Portanto, pode ser desejável tornar certos componentes de aerossolizador removíveis ou substituíveis.

#### BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Uma ou mais modalidades da presente invenção são

dirigidas a um sistema de vibração que eficientemente transfere uma vibração radial a partir de um membro de indução de vibração para a produção de uma vibração axial em um membro vibratória através de um membro de suporte que  
5 filtra uma vibração indesejável. Em um arranjo em particular, o membro de indução de vibração pode ser um transdutor piezoelétrico anular tendo uma abertura central, o membro vibratória pode ser uma placa circular fina e o membro de suporte pode ter uma seção transversal circular  
10 para manutenção da placa circular; contudo, os componentes também podem ter, possivelmente, outros formatos. Em outros arranjos, o membro de indução de vibração é separável das outras estruturas, de modo que ele possa ser reusado para outras aplicações. Além disso, outros arranjos da presente  
15 invenção efetivamente isolam o membro de indução de vibração de um contato com líquidos e, portanto, é particularmente adaptado para operação em um meio fluido, por exemplo, em um ambiente de aerossol. Mais ainda, a presente invenção provê um método para auto-alinhamento dos  
20 componentes de um sistema de vibração compreendendo um anel piezoelétrico e uma placa vibratória circular, de modo a tornar a fabricação do sistema simples e barata.

Em outras modalidades, o sistema de vibração da presente invenção compreende uma placa vibratória circular,  
25 um membro tubular mantendo a placa vibratória e um anel piezoelétrico acoplado ao membro tubular. A placa vibratória pode ser disposta concentricamente no lúmen de um membro tubular de parede fina; e o anel piezoelétrico pode ser posicionado concentricamente em torno da  
30 circunferência externa do membro tubular na localização da

placa vibratória. O anel piezoelétrico é expansível e contrátil na direção radial, o que, por sua vez, faz com que as paredes do membro tubular se expandam e contraíam na direção radial. Este movimento das paredes de membro tubular expande e contrai a circunferência externa da placa, fazendo com que sua região média oscile (isto é, vibre) na direção axial. Uma vez que a circunferência externa da placa vibratória da presente invenção é posicionada na abertura central do anel piezoelétrico em alinhamento com seu plano central, em contraste com sistemas anteriores, em que uma superfície da placa vibratória (ou arruela concêntrica em torno da placa) é presa na superfície do anel piezoelétrico através da abertura central do anel piezoelétrico, a carga radial produzida pelo anel piezoelétrico é aplicada mais simetricamente à placa vibratória da presente invenção.

Em uma modalidade, a placa vibratória pode ser uma placa de abertura que inclui uma pluralidade de aberturas afuniladas e é preferencialmente em formato de domo. A placa de abertura pode ser acoplada a uma estrutura de montagem disposta no lúmen do membro tubular que mantém a placa de abertura perpendicular ao eixo geométrico central do membro tubular.

Em uma outra modalidade, o membro tubular pode ser fabricado a partir de um material metálico resistente à corrosão, por exemplo, uma liga de paládio / níquel ou aço inoxidável, e ter paredes finas flexíveis, por exemplo, de menos de 0,5 mm de espessura. Em outras modalidades, o membro tubular pode compreender um material plástico, e pode incluir pelo menos um segmento resiliente, por

exemplo, um elastômero, disposto ali, que permite que o membro tubular seja comprimido e expandido pelo anel piezoelétrico. Em uma outra modalidade, o anel piezoelétrico pode ser removível do membro tubular e reusado para outras aplicações. Por exemplo, o membro tubular pode ser afinado para formar uma "trava afinada", onde o anel piezoelétrico é adaptado com pressão com o membro tubular. Ainda em uma outra modalidade, o anel piezoelétrico pode ser permanentemente ligado ao membro tubular para formar uma unidade integral.

Em uma modalidade, um membro tubular contendo uma placa de abertura pode ser operacionalmente acoplado a um reservatório de líquido, ou o reservatório pode ser uma parte integral do membro tubular, de modo que um líquido seja suprido para a placa de abertura no membro tubular. Desta forma, quando a placa de abertura é vibrada de acordo com a invenção, gotículas de líquido são ejetadas a partir da placa de abertura na forma de um aerossol. Opcionalmente, um anel pode ser disposto em torno da periferia externa do anel piezoelétrico, para ajudar na vibração da placa de abertura em sua frequência ressonante. Em modalidades em que o membro tubular e o anel piezoelétrico não são integrados com um reservatório, anéis em O ou outros selos podem ser providos entre o reservatório e o membro tubular, para servirem como selos estanques a líquido que impedem uma contaminação do anel piezoelétrico, e também provêem um amortecimento do anel piezoelétrico e do alojamento de aerossolizador, desse modo aumentando a eficiência do sistema. Em uma outra modalidade, o membro tubular pode ser "adaptado com

pressão" (isto é, formar um "ajuste com interferência") com a abertura de descarga do reservatório.

Em uma modalidade da invenção, o reservatório e o membro tubular contendo a placa de abertura podem ser integrados como uma unidade única, e o anel piezoelétrico pode ser deslizado sobre o reservatório do aerossolizador para formar um ajuste com pressão com o membro tubular. Desta forma, o anel piezoelétrico pode ser removido sem uma contaminação potencial de substâncias no reservatório ou no membro tubular, ou de um aerossol produzido pela placa de abertura. Em uma outra modalidade, o anel piezoelétrico e o membro tubular podem ser ligados em conjunto como uma unidade integral.

O sistema de vibração da presente invenção pode ser incorporado em uma variedade de produtos e pode ser conectado a suprimentos de potência, eletrônica para vibração do membro de indução de vibração e similares. Em uma modalidade, o sistema de vibração da presente invenção é conectado a um suprimento de potência usando-se um primeiro fio que faz um contato elétrico com uma primeira superfície do anel piezoelétrico e um segundo fio que faz um contato elétrico com uma segunda superfície do membro de indução de vibração. Estes fios podem estar localizados em ranhuras que circundam a superfície externa do alojamento nas quais o sistema de vibração está localizado, de modo que eles estejam isolados dos líquidos no reservatório e dentro do membro tubular do sistema de vibração.

Os exemplos de produtos que podem empregar o sistema de vibração da presente invenção incluem ventiladores, sistemas de pressão de via aérea positiva contínua (CPAP),

nebulizadores portáteis e similares, bem como dispositivos que utilizam uma transmissão de onda ultra-sônica em um meio fluido, tais como, por exemplo, vários dispositivos de sonar. Como um exemplo, um circuito de ventilador pode compreender um comprimento de tubulação, e o sistema de vibração da presente invenção pode ser acoplado operacionalmente à tubulação para a introdução de um aerossol gerado pelo sistema de vibração no circuito de ventilador. Como um outro exemplo, um aerossolizador pode ser construído de um alojamento que tem um bocal e o sistema de vibração da invenção pode ser disposto no alojamento, de modo que gotículas de líquido produzidas pela placa de abertura vibrando sejam ejetadas através do bocal e para o sistema respiratório do usuário.

Uma modalidade da invenção provê um método de exemplo para a feitura de um sistema de vibração, que compreende as etapas de inserção de uma placa vibratória em uma estrutura de suporte que circunda a placa; circundar a estrutura de suporte incluindo a placa vibratória com um membro de indução de vibração que é configurado para se expandir e contrair radialmente; e atuação do membro de indução de vibração para a produção de expansão e contração radiais contra o membro de suporte, para causarem uma vibração axial da placa vibratória.

Em uma modalidade em particular, um método de feitura de um sistema de vibração compreende as etapas de provisão de um membro tubular com um lúmen no sentido do comprimento, fixação de uma placa vibratória circular no lúmen, de modo que a placa vibratória seja perpendicular ao eixo geométrico central do membro tubular; provisão de um

anel piezoelétrico que tem uma abertura central; posicionamento do membro tubular na abertura central do anel piezoelétrico, de modo que a circunferência externa do membro tubular esteja em contato com a circunferência interna da abertura e o membro de indução de vibração circunde a placa vibratória no membro tubular; e fixação do membro de indução de vibração ao membro tubular.

Em uma outra modalidade, um método de vibração de uma placa compreende as etapas de inserção de uma placa vibratória em uma estrutura de suporte que circunda a periferia inteira da placa, a usuário da estrutura de suporte incluindo a placa vibratória na abertura central de um membro de indução de vibração que é configurado para se expandir e contrair radialmente, e atuação do membro de indução de vibração para a produção de uma expansão radial e uma contração contra o membro de suporte que causa uma vibração axial da placa vibratória.

Em uma outra modalidade, um método de tratamento de um paciente é provido, o qual compreende as etapas de provisão de um sistema de vibração que compreende uma placa de abertura vibratória circular que tem uma circunferência externa, um membro tubular disposto concentricamente em torno da circunferência externa da placa vibratória, onde o membro tubular tem uma circunferência externa, e um membro de indução de vibração anular disposto concentricamente em torno da circunferência externa do membro tubular, onde o membro de indução de vibração é expansível e contrátil radialmente, para fazer com que a placa de abertura vibre na direção axial; suprimento de um medicamento líquido para a placa de abertura através do membro tubular; atuação do

membro de indução de vibração para vibração da placa de abertura e aerossolização do medicamento líquido; e suprimento do aerossol para um sistema respiratório de paciente.

5 BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

As Fig. 1a e 1b são vistas em perspectiva explodidas de um sistema de vibração da invenção.

A Fig. 2 é uma vista em seção transversal parcial do sistema de vibração montado das Fig. 1a e 1b.

10 As Fig. 3a e 3b são vistas laterais em seção transversal do sistema de vibração da Fig. 2.

A Fig. 4a é uma vista lateral em seção transversal de uma modalidade de um aerossolizador de acordo com a invenção.

15 A Fig. 4b é uma vista em seção transversal parcial do aerossolizador mostrado na Fig. 4a.

A Fig. 4c é uma vista em perspectiva do aerossolizador mostrado na Fig. 4a.

20 A Fig. 4d é uma vista lateral em seção transversal de uma outra modalidade de um aerossolizador de acordo com a invenção.

A Fig. 5a é uma vista em perspectiva de uma outra modalidade de um sistema de vibração de acordo com a invenção.

25 A Fig. 5b é uma vista em seção transversal parcial do sistema de vibração mostrado na Fig. 5a.

A Fig. 6 é uma vista em perspectiva de uma outra modalidade de um sistema de vibração de acordo com a invenção.

30 A Fig. 7 é uma vista em perspectiva de uma outra

modalidade de um aerossolizador de acordo com a invenção.

A Fig. 7b é uma vista lateral em seção transversal do aerossolizador da Fig. 7a.

A Fig. 8 é uma vista lateral em seção transversal de  
5 uma outra modalidade de um sistema de aerossolizador de acordo com a invenção.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Todas as publicações, as patentes e os pedidos de patente citados aqui, sejam *supra* ou *infra*, são  
10 incorporados, desse modo, como referência em sua totalidade até a mesma extensão como se cada publicação, patente ou pedido de patente individual fosse específica ou individualmente indicado para ser incorporado como referência.

15 Deve ser notado que, conforme usado neste relatório descritivo e nas reivindicações em apenso, as formas singulares "um", "uma", "o" e "a" incluem o plural, a menos que o conteúdo dite claramente de outra forma.

Uma referência aqui a "uma modalidade", "uma versão"  
20 ou "um aspecto" deve incluir uma ou mais dessas modalidades, versões ou aspectos, a menos que claro de outra forma a partir do contexto.

Em uma ou mais modalidades, o sistema de vibração da presente invenção compreende uma placa vibratória, um  
25 membro de suporte que circunda a placa vibratória e um membro de indução de vibração que circunda o membro de suporte, onde o membro de indução de vibração é configurado para se expandir e contrair radialmente contra o membro de suporte, de modo a produzir uma vibração axial da placa  
30 vibratória. A descrição detalhada a seguir é dirigida a uma

modalidade preferida da invenção, onde a placa vibratória é circular, o membro de suporte tem uma seção transversal circular, por exemplo, um membro tubular (cilíndrico ou afunilado), no qual a placa vibratória circular é disposta, e o membro de indução de vibração é um disco anular que tem uma abertura central, isto é, um anel piezoelétrico, no qual o membro de suporte é disposto. Contudo, deve ser compreendido que a invenção não está limitada a esta modalidade.

10 O membro tubular pode ser fabricado a partir de um metal resistente à corrosão, por exemplo, aço inoxidável (preferencialmente nos graus 316, 303 ou 416), titânio ou uma liga de cromo / níquel C-276 (por exemplo, Hastelloy® C-276). O membro tubular preferencialmente tem paredes  
15 relativamente finas que podem ser efetivamente defletidas pelo anel piezoelétrico. Em uma modalidade, a espessura das paredes do membro tubular está na faixa de 0,1 mm a 0,5 mm, preferencialmente de em torno de 0,25 mm. Em uma modalidade, o membro tubular pode ter uma estrutura de  
20 prateleira disposta em torno de sua superfície interna à qual a periferia da placa vibratória pode ser ligada, de modo que se estenda através do lúmen interno do membro tubular perpendicularmente ao seu eixo geométrico central.

Vários anéis piezoelétricos conhecidos na técnica  
25 podem ser adequados para uso como o membro de indução de vibração anular da presente invenção. Em uma modalidade, o anel piezoelétrico pode compreender qualquer material exibindo propriedades piezoelétricas, por exemplo, um material cerâmico piezoelétrico tal como titanato zirconato  
30 de chumbo (PZT) ou metaniobato de chumbo (PN) e pode

assumir o formato de um disco de espessura substancialmente constante com um orifício central. Esses anéis piezoelétricos estão comercialmente disponíveis, por exemplo, a partir da American Piezo Ceramics, Inc. (APC), Mackeyville, Pennsylvania, e a partir da Morgan Electro Ceramics (MEC), Fairfield, Nova Jersey. O anel piezoelétrico pode ser suprido com uma corrente elétrica alternada na frequência selecionada a partir de uma fonte de potência; por exemplo, o anel piezoelétrico pode ser eletricamente conectado por fios a um controlador que contém a eletrônica necessária para o controle da vibração do anel piezoelétrico.

De acordo com a invenção, o membro tubular é posicionado na abertura central do anel piezoelétrico. Quando atuado pelos campos elétricos alternados a partir do controlador, o anel piezoelétrico se expande e contrai na direção radial contra as paredes do membro tubular nas vizinhanças da placa vibratória. Este movimento das paredes do membro tubular expande e contrai a periferia da placa vibratória, desse modo forçando o centro da placa vibratória a oscilar na direção axial, isto é, a se mover para cima e para baixo ao longo do eixo geométrico central do membro tubular. Embora o anel piezoelétrico também possa vibrar na direção axial e possa criar uma onda superficial transversal, apenas a vibração radial pode ser transmitida para a placa vibratória pelo membro tubular. Desta forma, a superposição de modos de vibração conflitantes é eliminada e uma tradução eficiente de energia elétrica em movimento mecânico é realizada. A prática da presente invenção também permite que o sistema de vibração seja instalado

diretamente em um corpo rígido, tal como o quadro ou o alojamento de um aerossolizador, um nebulizador ou de um outro dispositivo, sem se ter uma transferência de vibração para o corpo inteiro. Isto é principalmente porque as  
5 extremidades do membro tubular não vibram e, portanto, podem ser usadas para a instalação do sistema de vibração no corpo rígido.

A invenção pode ser particularmente útil quando o membro tubular for empregado para manter uma placa de  
10 abertura anular ou uma outra estrutura tendo uma pluralidade de aberturas. Quando um líquido é aplicado a um lado da placa de abertura através do membro tubular e o anel piezoelétrico é atuado, a placa de abertura oscila de uma maneira que faz com que gotículas de líquido sejam  
15 ejetadas a partir das aberturas. O aerossol resultante então pode ser distribuído pela extremidade aberta do membro tubular.

Um tipo particularmente útil de placa de abertura é uma que tem aberturas afuniladas que se afunilam a partir  
20 da superfície contatando o líquido até a superfície em que as gotículas são ejetadas. Também, em algumas modalidades, a placa de abertura pode ser em formato de domo, embora a invenção não esteja limitada apenas a essas placas de abertura. As placas de abertura preferidas podem ter uma  
25 espessura na faixa de 20 a 100 microns. Os exemplos de materiais piezoelétricos que podem ser usados com a invenção são descritos nas Patentes U.S. N° 6.235.177 e 5.758.637, incorporadas aqui como referência. Em uma outra modalidade, o anel piezoelétrico pode ser vibrado a uma  
30 freqüência na faixa de em torno de 20 kHz a em torno de 500

kHz, por exemplo, a em torno de 128 kHz. Em uma outra modalidade preferida, as gotículas podem ter um tamanho adequado para uso em produtos farmacêuticos, por exemplo, na faixa de em torno de 3 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) a em torno de 6  $\mu\text{m}$ , e o líquido pode ser aerossolizado a uma taxa na faixa de em torno de 5 a 20 microlitros/segundo.

Com referência, agora, às Fig. 1a, 1b e 2, uma modalidade da presente invenção será descrita. O sistema de vibração 10 compreende uma placa vibratória 101, um membro tubular 102 e um anel piezoelétrico 103. O membro tubular 102 tem uma circunferência externa 104 e uma circunferência interna 105, as quais em conjunto definem uma parede cilíndrica relativamente fina, preferencialmente tendo uma espessura na faixa de em torno de 0,1 mm a 0,5 mm. O centro oco (lúmen) de membro tubular 102 termina nas aberturas 106 e 107 em extremidades opostas do mesmo. A estrutura de montagem 111 compreende uma crista circular que se projeta perpendicularmente a partir da circunferência interna 105 para o lúmen de membro tubular 102 em uma localização, preferencialmente em uma localização central, entre as aberturas 106 e 107. O anel piezoelétrico 103 compreende um disco anular de material piezoelétrico que tem um orifício central 108 com uma circunferência 112 aproximadamente igual à circunferência externa 104 de membro tubular 102. A placa vibratória 101 compreende um flange externo circular 109 que circunda uma porção central vibratória circular fina 110.

Em um método de feitura do sistema de vibração 10, o membro tubular metálico 102 pode ser provido, primeiramente, com a estrutura de montagem 111 pela ligação

de uma crista de metal em torno da circunferência interna  
105 em uma localização eqüidistante das extremidades 106 e  
107. A placa vibratória 101 então pode ser disposta  
concentricamente no lúmen de membro tubular 102 com a  
5 superfície inferior de flange circula 109 posicionada sobre  
a superfície superior de estrutura de montagem 111 e com a  
periferia externa de placa vibratória 101 se confinando com  
a circunferência interna 105. O flange externo 109 de placa  
vibratória 101 pode ser preso na estrutura de montagem 111  
10 usando-se um procedimento de junção adequado, por exemplo,  
um processo metalúrgico tal como brasagem, soldagem,  
soldagem branca ou similar, ou um processo de ligação  
química, tal como uma ligação adesiva.

Em uma modalidade preferida, um anel de brasagem de um  
15 material de enchimento de brasagem resistente à corrosão  
adequado, por exemplo, uma mistura de 70% de ouro e 30% de  
cobre, pode ser posto entre a superfície superior de  
estrutura de montagem 111 e o flange externo 109 de placa  
vibratória 101. O conjunto inteiro de membro tubular 102,  
20 placa vibratória 101 e anel de brasagem pode ser mantido no  
lugar por um peso posto sobre o topo de placa vibratória  
101. O conjunto pode ser posto em um forno e aquecido até  
uma temperatura suficiente para a fusão da brasagem 1 e a  
junção permanente das superfícies em conjunto em um  
25 procedimento de brasagem convencional. Em uma outra  
modalidade, a placa vibratória 101 pode ser soldada com  
solda branca à estrutura de montagem 111 usando-se  
materiais de soldagem branca, tal como um material de solda  
branca de estanho / chumbo; contudo, este método pode não  
30 ser adequado, se o conjunto for para ser exposto a

preparações farmacêuticas ácidas. Em uma outra modalidade, a placa vibratória 101 pode ser presa à estrutura de montagem 111 por soldagem ultra-sônica ou a laser.

Uma vez que a placa vibratória 101 seja presa através  
5 do lúmen de membro tubular 102, o membro tubular 102 pode ser posicionado no orifício central 108 de anel piezoelétrico 103. Em uma modalidade, o membro tubular 102 pode ser posto em um acessório que mantém o membro tubular 102 na vertical, e o anel piezoelétrico 103 pode ser  
10 deslizado no sentido do comprimento para baixo pelo membro tubular 102 até o anel piezoelétrico 103 circundar a circunferência externa 104 em uma localização diretamente correspondente à localização de estrutura de montagem 111 e a placa vibratória 101 na circunferência interna 105 de  
15 membro tubular 102. A circunferência externa 104 de membro tubular 102 e a circunferência 112 de orifício central 108 no anel piezoelétrico 103 então podem ser ligadas em conjunto, por exemplo, pela deposição de um adesivo líquido adequado em torno da junção de circunferência externa 104 e  
20 circunferência 112 e curando-se o adesivo, por exemplo, com luz UV. O adesivo usado deve ser capaz de transferir eficientemente a vibração do anel piezoelétrico 103 para o membro tubular 102. Embora, idealmente, o adesivo teria o módulo de elasticidade ("Módulo de Young") do anel  
25 piezoelétrico, isto é, em torno de 60 GPa (gigapascal), para a obtenção da transferência final de vibração, isto não é possível para qualquer adesivo. A maioria dos adesivos estruturais (tal como um epóxi) tem um módulo de elasticidade de um material plástico, o qual pode ser de em  
30 torno de 2 GPa, e deve ser adequado para a presente

invenção, se curado até aproximadamente aquela rigidez. Como exemplos de adesivos adequados, uma menção pode ser feita de vários adesivos de epóxi e anaeróbicos, tais como adesivos de epóxi curados com UV comercialmente disponíveis vendidos sob a marca registrada Loctite.

Conforme descrito previamente, o anel piezoelétrico 103 é configurado para se expandir e contrair radialmente quando campos elétricos alternados forem comunicados para ele através de linhas elétricas. Por exemplo, conforme ilustrado na Fig. 3a, o anel piezoelétrico 103 se contrai radialmente em direção a sua abertura central (direção D), quanto atuado por um primeiro campo elétrico. Esta contração radial faz com que o anel piezoelétrico 103 seja empurrado para dentro ao longo da circunferência externa 104 de membro tubular 102 nas vizinhanças da estrutura de montagem 111 e, desse modo, pince a parede de membro tubular 102. A restrição de membro tubular 102 faz com que o flange 109 também se restrinja radialmente e, como resultado, a porção central 110 de placa vibratória 101 se move axialmente na direção A. Quando atuado por um segundo campo elétrico, conforme mostrado na Fig. 3b, o anel piezoelétrico 103 se expande radialmente a partir de sua abertura central (direção D'), desse modo liberando a pressão para dentro ao longo da circunferência externa 104 de membro tubular 102. Este alívio de pressão permite que o flange 109 se expanda radialmente, o que faz com que a porção central 110 de placa de abertura 101 se mova axialmente na direção A' para sua posição original. Uma alternância continuada de campos elétricos produz uma oscilação (vibração) de porção central 110 entre as

posições mostradas nas Fig. 3a e 3b.

Conforme mencionado previamente, o sistema de vibração da presente invenção é particularmente útil para a aerossolização de líquidos. As Fig. 4a, 4b e 4c ilustram um sistema de aerossolização (referido aqui como o "aerossolizador 40") de acordo com modalidades da presente invenção. Os mesmos números de referência são usados em cada uma das Figuras para uma referência ao mesmo componente. Com referência, agora, à Fig. 4a, o aerossolizador 40 compreende o alojamento superior 401, o alojamento inferior destacável 405 e o sistema de vibração 10 (por exemplo, veja a Fig. 2). O sistema de vibração 10 compreende o membro tubular 102, o anel piezoelétrico 103 e a placa vibratória 101. O alojamento superior 401 compreende um reservatório 402 configurado para manter um volume de líquido, por exemplo, um medicamento líquido, e uma porção cônica 403 na extremidade inferior de reservatório 402 terminando em um tubo de descarga 404 definido por paredes cilíndricas 406. Um tubo de encaixe 407 definido pelas paredes cilíndricas 408 de alojamento superior 401 é concêntricamente disposto em torno e envolve completamente o tubo de descarga 404.

O sistema de vibração 10 é adaptado para ser encaixado de forma destacável com o alojamento superior 401, com a seção superior de membro tubular 102 de sistema de vibração 10 (isto é, aquela seção de membro tubular 102 acima do anel piezoelétrico 103) sendo configurada para ser ajustada com pressão dentro do tubo de descarga 404, e com o anel piezoelétrico 103 de sistema de vibração 10 sendo configurado para ser ajustado com pressão com o tubo de

encaixe 407. Quando montada, a seção superior de membro tubular 102 de anel piezoelétrico 103 está plenamente envolvida pelo tubo de descarga 404 e a superfície de topo de anel piezoelétrico 103 se confina com a extremidade inferior de tubo de descarga 404. Esta combinação de ajuste com pressão de membro tubular 102 e tubo de descarga 404 forma um selo estanque a líquido que impede um líquido descarregado a partir do reservatório 402 no tubo de descarga 404 de entrar em contato com o anel piezoelétrico 103.

O alojamento inferior 405 compreende o tubo de recebimento 411 definido pelas paredes cilíndricas 412, um flange anular 413 disposto concentricamente em torno da base de tubo de recebimento 411 e uma câmara de aerossol 414 definida por paredes cilíndricas 415. O alojamento inferior 405 pode ser adaptado para ser encaixado de forma destacável com o sistema de vibração 10 e o alojamento superior 401, com a seção inferior de membro tubular 102 de sistema de vibração 10 (isto é, aquela seção de membro tubular 102 abaixo do anel piezoelétrico 103) sendo configurada para ser ajustada com pressão dentro do tubo de recebimento 411 e com o flange anular 413 sendo configurado para ser ajustado com pressão dentro do tubo de encaixe 407. Quando montada, a seção inferior de membro tubular 102 é plenamente envolvida pelo tubo de recebimento 411 e forma uma passagem diretamente na câmara de aerossol 414. A superfície de fundo de anel piezoelétrico 103 se confina com a extremidade superior de tubo de recebimento 411 para manter de forma segura o sistema de vibração 10 no tubo de encaixe 407.

Com referência, agora, às Fig. 4b e 4c, o anel piezoelétrico 103 pode ser suprido com uma corrente elétrica pelos fios 416 e 417 a partir de baterias ou de uma outra fonte de potência (não mostrada). Cada um dos 5 fios 416 e 417 pode ser conformado em um arranjo de "grampo em C" e aninhado respectivamente em ranhuras 418 e 419 cortadas em torno da periferia de paredes 415 de alojamento superior 401. A extremidade terminal 420 de fio 416 pode entrar no tubo de encaixe 407 através de uma abertura 422 10 na parede 415 e fazer um contato elétrico com a superfície superior de anel piezoelétrico 103. A extremidade terminal 421 de fio 417 pode entrar no tubo de encaixe 407 através do orifício 423 na parede 415 de alojamento superior 401 e fazer um contato elétrico com a superfície inferior de anel 15 piezoelétrico 103.

A porção central 110 de placa vibratória 101 pode ser de geometria em formato de domo, embora outros formatos possam ser usados. Também, a porção central 110 pode incluir aberturas que se afunilam a partir do lado traseiro 20 (voltado para o reservatório 402) para o lado dianteiro. Quando um aerossolizador 40 é colocado em uma orientação geralmente vertical, o líquido a partir do reservatório 402 pode ser enviado para e se apoiar no lado traseiro da porção central 110 pela força da gravidade. O anel 25 piezoelétrico 103 é configurado para se expandir e contrair radialmente, quando atuado por campos elétricos alternados supridos pelos fios 416 e 417. Ao fazê-lo, a parede de membro tubular 102 também se contrai e expande. Desta forma, a porção central 110 vibra axialmente de modo a 30 ejetar gotículas de líquido a partir de seu lado dianteiro

e para fora pela abertura na câmara de aerossol 414.

Uma vantagem de uso do sistema de vibração 10 é que o aerossolizador 40 pode ser construído de modo que o sistema de vibração 10 seja removível do alojamento superior 401 e do alojamento inferior 405. Desta forma, o sistema de vibração 10 (o qual contém o anel piezoelétrico 103 relativamente dispendioso) pode ser reusado em outras aplicações. O alojamento superior 401 e o alojamento inferior 405, os quais podem ser capazes de serem produzidos de forma relativamente barata, podem ser descartados após um uso. Uma outra vantagem de uso do sistema de vibração 10 é que as extremidades de membro tubular 102 podem ser conectadas diretamente a corpos rígidos, tal como a parede 4065 de alojamento superior 401 e a parede 412 de alojamento inferior 405, sem se afetar a amplitude de placa de abertura 101. Isto permite que o aerossolizador 40 produza, mais eficiente, gotículas de líquido.

Com referência, agora, à Fig. 4d, o aerossolizador 40' é similar ao aerossolizador 40, e compreende um alojamento superior 401' contendo um reservatório 402', um alojamento inferior destacável 405' contendo uma câmara de aerossol 414' e o sistema de vibração 10', o qual compreende o membro tubular 102', o anel piezoelétrico 103' e a porção central de placa de abertura 110'. Contudo, no aerossolizador 40', a seção superior de membro tubular 102' não é ajustada com pressão no tubo de descarga 404' (conforme mostrado na Fig. 4a), mas, ao invés disso, anéis em O 420 podem ser posicionados para preencherem um espaço entre a seção superior de membro tubular 102' e tubo de

descarga 404' de alojamento 401'. Desta forma, um selo estanque a fluido é formado, que impede um líquido do reservatório 402' de contatar o anel piezoelétrico 103'. De modo similar, os anéis em O 421 podem ser posicionados para preencherem um espaço entre a seção inferior de membro tubular 102' e o tubo de recebimento 411' de alojamento inferior 405', para a formação de um selo estanque a líquido que impede um aerossol produzido a partir da porção central de placa de abertura 110' de contatar o anel piezoelétrico 103'. Assim sendo, o anel piezoelétrico 103' pode ser protegido de uma contaminação que pode impedir que ele seja reusável após a remoção do aerossolizador 40', sem as dimensões apertadas requeridas para um ajuste com pressão, conforme descrito em relação ao aerossolizador 40.

Uma vez que os anéis em O 420 e 421 são posicionados nas superfícies de topo e de fundo de anel piezoelétrico 103' e servem para suspenderem o anel piezoelétrico 103' de um contato direto com o alojamento superior 401' e o alojamento inferior 405', os anéis em O 420 e 421 também podem ter um efeito de amortecimento que reduz uma transferência indesejável de vibração do anel piezoelétrico 103' para o alojamento superior 401' e o alojamento inferior 405'.

Com referência, agora, às Fig. 5a e 5b, uma outra modalidade da invenção será descrita. O sistema de vibração compreende um anel piezoelétrico 502 que tem uma abertura central 504 e é adaptado para manter a placa de abertura 508 em seu lúmen interno 509, usando-se qualquer uma das técnicas descritas aqui. O membro tubular 506 pode ser construído a partir de um material rígido, tal como um

plástico duro, um metal, uma cerâmica ou similar. O membro tubular 506 opcionalmente pode incluir projeções 510 para a provisão de um bom contato mecânico com o anel piezoelétrico 502. Como uma alternativa, o membro tubular 5 506 pode ser afinado para se garantir um bom contato mecânico.

O membro tubular 506 pode incluir um ou mais segmentos resilientes 511 radialmente se estendendo a partir de localizações em sua circunferência interna para 10 localizações correspondentes em sua circunferência externa. Estes segmentos podem ser construídos a partir de um material elastomérico e posicionados em várias localizações. Os segmentos resilientes 511 permitem que o membro tubular 506 seja construído de um material rígido 15 (para se manter de forma segura a placa de abertura 508), enquanto também permitem que o membro tubular 506 se expanda e contraia radialmente com o anel piezoelétrico 502. Mais especificamente, como o membro tubular 506 é restrito pelo anel piezoelétrico 502, os segmentos 20 resilientes 511 se comprimem, para redução do diâmetro de lúmen 509. Quando o anel piezoelétrico 502 se expande radialmente, os segmentos resilientes 511 se expandem para aumentarem o diâmetro de lúmen 509. Daí, a quantidade de expansão e contração pode ser variada, com base, em parte, 25 no tamanho, no número e nos tipos de materiais resilientes usados.

Convenientemente, o sistema de vibração 50 pode ser acoplado a um reservatório de um aerossolizador (não mostrado), para se permitir que um líquido seja suprido 30 para a placa de abertura 508. Também, outros sistemas de

64  
↓

envio de líquido poderiam ser usados da mesma forma, tais como sistemas de formação de mecha, e similares. Alternativamente, o sistema de vibração 50 pode ser incorporado em outros sistemas, tais como nebulizadores, ventiladores e similares.

A Fig. 6 ilustra o sistema de vibração 50, conforme mostrado nas Fig. 5a e 5b, com um anel externo 512 disposto em torno da circunferência externa de anel piezoelétrico 502, o qual, por sua vez, é disposto em torno do membro tubular 506. O anel 512 pode ser empregado para o ajuste da frequência de operação de anel piezoelétrico 502. Em muitas aplicações, é desejável operar o anel piezoelétrico 502 a uma frequência em torno de 130 kHz, a qual é a frequência ressonante aproximada da placa de abertura. Quando o anel piezoelétrico 502 é construído a partir de um material piezocerâmico, sua frequência é inversamente proporcional a seu diâmetro, onde:

$$f = (1/2 \pi r) \times (E/P)^{1/2}$$

Daí, se o diâmetro do anel piezoelétrico 502 for tornado maior, para redução da frequência do anel piezoelétrico, o anel piezoelétrico 502 poderá ser grande demais para certas aplicações. Uma frequência de operação baixa de anel piezoelétrico 502 pode resultar, porque o material piezoelétrico é "macio" e pesado. Para se aumentar a frequência, sem aumentar o diâmetro, o anel externo 512 (o qual pode ser construído de um material rígido e de peso leve, tal como nitreto de silício) pode ser adicionado. A combinação de anel 512 e anel piezoelétrico 502 serve para aumentar a frequência para a faixa desejada.

Com referência às Fig. 7a e 7b, uma modalidade de um

sistema de aerossolização de acordo com a presente invenção será descrita. O sistema 80 inclui um aerossolizador que, por conveniência de discussão, inclui o sistema de vibração 50 que tem o anel 512, conforme mostrado na Fig. 6, embora seja apreciado que outros sistemas de vibração da invenção poderiam ser usados da mesma forma. É acoplado (ou formado integralmente com o) ao membro tubular 506 de sistema de vibração 50 um recipiente 802 para manutenção de um líquido. Convenientemente, uma tampa 804 pode ser provida para fechamento do recipiente 802, após o preenchimento dele com líquido. Também é acoplada ao membro tubular 506 uma saída 806, através da qual um aerossol produzido pela placa de abertura 508 pode ser distribuído. Anéis em O ou selos de gaxeta 805 podem ser dispostos entre o recipiente 802 e o sistema de vibração 50 e entre o sistema de vibração 50 e a saída 806, para a provisão de uma vedação adequada e um amortecimento entre os componentes.

Um recurso em particular de sistema de aerossolização 80 é que o anel piezoelétrico 502 tem um diâmetro interno grande o bastante para que ele possa deslizar sobre a saída 806 e o recipiente 802. Desta forma, o sistema 80 pode ser facilmente montado e desmontado para a remoção do anel piezoelétrico 502. Ainda, o anel piezoelétrico 502 não entra em contato com quaisquer líquidos e, portanto, pode ser reusado com um outro sistema de aerossolização. Ainda, o recipiente 802, o membro tubular 506 e a placa de abertura 508 podem ser construídos para serem relativamente baratos, de modo que eles possam ser descartados seguindo-se a um uso. Também, o sistema 80 pode ser facilmente incorporado em outros sistemas, tais como nebulizadores

portáteis, ventiladores e similares.

Em operação, o recipiente 802 é preenchido com um líquido e a tampa 804 é colocada no lugar. O anel piezoelétrico 502 é deslizado sobre o recipiente 802 e posto sobre o membro tubular 506. Uma corrente elétrica é suprida para o anel piezoelétrico 502 para fazer com que ele se expanda e contraia. Ao fazê-lo, um líquido que está em contato com a placa de abertura 508 é ejetado como gotículas de líquido para a saída 806. Seguindo-se ao uso, o recipiente 802 pode ser re completado, ou pode ser descartado, enquanto se poupa o anel piezoelétrico 502.

A Fig. 8 ilustra uma outra modalidade da invenção, onde o sistema de aerossolização 90 inclui um membro tubular 906 que compreende uma extremidade afiada 901 e uma extremidade de descarga 903. Conforme descrito previamente, o membro tubular 906 também contém uma placa de abertura (não mostrada) através de seu lúmen interno. O anel piezoelétrico 904 é disposto em torno do membro tubular 906. Quando o sistema de aerossolização 90 não está em uso, a extremidade afiada 901 pode ter uma cobertura (não mostrada) que o protege de danos e contaminação. Quando pronto para uso, a cobertura pode ser removida e a extremidade afiada 901 pode ser inserida através do topo de membrana de um frasco 902, o qual contém um líquido 905 a ser aerossolizado. O líquido 905 então é enviado através da extremidade afiada 901 e do lúmen de membro tubular 906 para a placa de abertura contida ali. O anel piezoelétrico 904 pode ser atuado para vibrar a placa de abertura e, desse modo, aerossolizar o líquido 905 da maneira descrita previamente. O aerossol resultante então é distribuído

através da extremidade de descarga 903. Após o uso, o frasco 902 pode ser removido da extremidade afiada 901 e descartado, o anel piezoelétrico 904 pode ser removido do conjunto para reutilização, e o conjunto remanescente pode ser descartado.

Conforme mencionado previamente, os aerossolizadores descritos aqui podem ser incorporados em outros sistemas. Os exemplos de sistemas de ventilador são descritos, por exemplo, no Pedido co-pendente de Patente U.S. N° 10/828.765, depositado em 20 de abril de 2004, cuja exposição completa é incorporada aqui como referência. O sistema descrito aqui é particularmente útil em terapias de pressão de via aérea de pressão positiva contínua (CPAP) neonatais e infantis. Assim sendo, um aerossolizador da presente invenção pode ser acoplado a um ventilador como esse ou circuito de CPAP para suprimento de um medicamento aerossolizado para um sistema respiratório de paciente, por exemplo, através de um dispositivo de interface de paciente. Quando o tratamento é terminado, o aerossolizador, ou certos componentes do mesmo, podem ser removidos e reusados, enquanto outros componentes do sistema podem ser descartados.

Como um outro exemplo, o aerossolizador da presente invenção pode ser incorporado em um nebulizador, tal como descrito no Pedido co-pendente de Patente U.S. N° 10/833.932, depositado em 27 de abril de 2004, cuja exposição completa é incorporada aqui como referência. O nebulizador compreende um alojamento principal acoplado a um alojamento de aerossolizador, o qual pode compreender um sistema de aerossolização, tal como descrito previamente em

relação ao aerossolizador 40 mostrado nas Fig. 4a, 4b e 4c, incluindo um reservatório para manutenção de um medicamento líquido que é para ser aerossolizado e um sistema de vibração de acordo com a presente invenção tendo uma placa de abertura com uma pluralidade de aberturas afuniladas se estendendo entre uma primeira superfície e uma segunda superfície, conforme descrito nas Patentes U.S. N° 5.164.740, 5.586.550, 5.758.637 e 6.085.740, cujos conteúdos inteiros são incorporados aqui como referência para esta. O nebulizador também pode ter um bocal acoplado ao alojamento principal. Pelo menos uma porção do membro tubular do sistema de vibração da presente invenção pode ser disposto no alojamento, de modo que gotículas de líquido sejam ejetadas através do bocal para se permitir que um paciente inale o medicamento aerossolizado. As aberturas na placa de abertura podem ser dimensionadas para a produção de um aerossol no qual em torno de 70% ou mais das gotículas em peso têm um tamanho na faixa de em torno de 1 a em torno de 5 micrômetros. Seguindo-se ao uso, o alojamento de aerossol pode ser removido do alojamento principal. O líquido pode ser repletado, ou um ou mais componentes podem ser substituídos. Por exemplo, o sistema de vibração pode ser removido e reusado com um outro nebulizador.

Uma modalidade da presente invenção provê um método de tratamento de um paciente que exhibe um ou mais sintomas de infecção ou outra doença ou distúrbio respiratório. O método geralmente compreende as etapas de: provisão de um sistema de vibração que compreende uma placa de abertura vibratória circular que tem uma circunferência externa, um

membro tubular disposto concentricamente em torno da circunferência externa da placa vibratória, onde o membro tubular tem uma circunferência externa, e um membro de indução de vibração anular disposto concentricamente em

5 torno da circunferência externa do membro tubular, onde o membro de indução de vibração é expansível e contrátil radialmente para se fazer com que a placa de abertura vibre na direção axial; suprimento de um medicamento líquido para o sistema de vibração; atuação do membro de indução de

10 vibração para vibração da placa de abertura e aerossolização do medicamento; e suprimento do aerossolizador para o sistema respiratório do paciente.

Um gerador de aerossol de acordo com a presente invenção tem a capacidade de produzir um fluxo alto de

15 aerossol em relação à entrada de potência. Por exemplo, quando uma solução salina padrão (NaCl a 2%) é usada, a vazão de aerossol tendo um diâmetro mediano volumétrico (VMD) de 4 microns pode ser de 15 microlitros/segundo e o consumo de potência do gerador pode ser de 3 Watts.

20 A invenção foi descrita, agora, em detalhes, para fins de clareza e compreensão. Contudo, será apreciado que certas mudanças e modificações podem ser praticadas no escopo das reivindicações em apenso.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Sistema de vibração (10) **caracterizado** por compreender:

uma placa vibratória (101) circular compreendendo uma circunferência externa;

um membro de suporte (102) tubular para receber e fixar a placa vibratória (101) concêntrica no membro de suporte (102) tubular de modo que a placa vibratória (101) é perpendicular ao eixo central do membro de suporte (102) tubular, o membro de suporte (102) tubular que circunda a placa vibratória (101) e alinha a placa vibratória (101), em que o membro de suporte (102) tubular compreende uma circunferência interna (105) e uma circunferência externa (104); e

em que a circunferência externa da placa vibratória (101) é posicionada em contato com a circunferência interna (105) do membro de suporte tubular (102);

um membro de indução de vibração (103) anular concêntrico e disposto na circunferência externa (104) do membro de suporte (102) que circunda o membro de suporte (102), onde o membro de indução de vibração (103) é configurado para se expandir e contrair radialmente contra o membro de suporte (102), de modo a produzir uma vibração axial da placa vibratória (101); e

uma estrutura de montagem (111) disposta internamente ao membro de suporte (102) tubular, a estrutura de montagem (111) suportando a placa vibratória (101).

2. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do membro de indução de vibração (103) compreende uma abertura central (108) na qual o

membro de suporte (102) é descartado.

3. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato do membro de suporte (102) compreender um membro tubular de parede fina e do membro de indução de vibração (103) ser um anel piezoelétrico.

4. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato da placa (101) incluir uma pluralidade de aberturas afuniladas.

5. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato da placa (101) ter uma espessura na faixa de em torno de 20 microns a em torno de 100 microns.

6. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato da placa (101) ser em formato de domo.

7. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda um reservatório (402) de líquido o qual é adaptado para suprir o líquido para a placa (101).

8. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato do membro de suporte (102) tubular incluir uma extremidade afunilada (901) adaptada para extrair líquido a partir de um frasco (902) de líquido pela perfuração de uma membrana cobrindo uma abertura no referido frasco (902).

9. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do membro de suporte (102) tubular ter uma espessura de parede na faixa de em torno de 0,1 mm a em torno de 0,5 mm.

10. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do membro de indução de vibração

(103) compreender um anel piezoelétrico.

11. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato do membro de suporte tubular incluir pelo menos um segmento resiliente (511) disposto ali.

12. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato do anel ser disposto em torno da circunferência externa do anel piezoelétrico (502) para ajustar a frequência de operação do anel piezoelétrico (502).

13. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda um controlador para controle da expansão radial e da contração do membro de indução de vibração (103) e fios (416, 417) conectando o controlador ao membro de indução de vibração (103).

14. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do membro de indução de vibração (103) ser removível do membro de suporte (102) tubular.

15. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que o membro de indução de vibração (103) é:

um anel piezoelétrico que tem um orifício central (108) com uma circunferência interna adaptada para se expandir e contrair radialmente, quando eletricamente ativado, e o membro de suporte (102) é um membro tubular disposto no orifício central (108) do anel piezoelétrico, dito membro de suporte (102) tubular compreendendo uma circunferência externa (104) em contato com a circunferência interna do dito orifício central (108) e uma parede cilíndrica definindo lúmen interno que se estende

através do comprimento do membro de suporte (102);

pelo menos uma conexão elétrica para o referido anel piezoelétrico para uma atuação elétrica do mesmo;

uma placa vibratória (101) de abertura circular adaptada para aerossolizar um líquido mediante uma vibração axial da mesma;

onde a placa vibratória (101) é disposta através do lúmen interno do membro de suporte (102) tubular e em contato com a circunferência interna do lúmen em uma localização coincidente com a circunferência interna do orifício central (108) do anel piezoelétrico; e

um reservatório (402) de líquido acoplado ao membro de suporte (102) tubular, de modo a suprir líquido para a placa vibratória (101) de abertura, segundo o que uma expansão e uma contração radiais do anel piezoelétrico contra a parede do membro de suporte (102) tubular faz com que a placa vibratória (101) vibre na direção axial e aerossolize o líquido.

16. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato da placa vibratória (101) ser em formato de domo e ter uma pluralidade de aberturas afuniladas.

17. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato do anel piezoelétrico compreender um material cerâmico piezoelétrico.

18. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda um circuito de um sistema de ventilador operacionalmente conectado ao membro de suporte (102) tubular, de modo a distribuir o aerossol gerado pela referida placa vibratória (101) de

abertura vibratória no referido circuito.

19. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 15, **caracterizado** pelo fato do anel piezoelétrico, do membro de suporte (102) tubular, da placa vibratória (101) de abertura e do reservatório (402) serem dispostos no alojamento de um nebulizador que tem um bocal.

20. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** por compreender:

o membro de suporte (102) compreende uma parede cilíndrica que define um lúmen longitudinal;

a estrutura de montagem (111) se entende da parede cilíndrica e da placa vibratória (101) disposta através do lúmen; e

o membro de indução de vibração (103) transmite uma vibração radial à parede cilíndrica do membro de suporte (102) tubular, de modo a produzir uma vibração axial na placa vibratória (101).

21. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 20, **caracterizado** pelo fato da placa vibratória (101) ser uma placa de abertura que tem uma superfície traseira em contato com um líquido e uma superfície dianteira oposta a ela, onde as gotículas de líquido são ejetadas a partir da superfície dianteira para a formação de um aerossol, mediante a referida vibração axial da placa vibratória (101) de abertura.

22. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de uma porção do sistema (10) ser descartável.

23. Sistema (10), de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato do membro de indução de vibração

(103) estar em alinhamento coplanar com uma periferia da placa vibratória (101).

24. Método de fabricação de um sistema de vibração (10) **caracterizado** por compreender:

o alinhamento de uma placa vibratória (101) em um membro de suporte (102) tubular que circunda a placa vibratória (101), em que o membro de suporte (102) compreende uma circunferência interna (105), e em que a circunferência interna (105) do membro de suporte (102) está em contato com uma circunferência externa da placa vibratória (101), e em que o alinhamento inclui o posicionamento da placa vibratória (101) em contato com a estrutura de montagem (111) do membro de suporte (102) tubular; e

a colocação em torno do membro de suporte (102) de um membro de indução de vibração (103) configurado para se expandir e contrair radialmente contra o membro de suporte (102) para a produção de uma vibração axial da placa vibratória (101).

25. Método, de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado** pelo fato de que o membro de suporte (102) é um membro tubular que tem um lúmen no sentido do comprimento, a placa vibratória (101) é circular, e o membro de indução de vibração (103) é um anel piezoelétrico e em que o método compreende adicionalmente;

o alinhamento e a fixação da placa vibratória (101) circular no lúmen, de modo que a placa vibratória (101) seja perpendicular a e cubra o lúmen do membro de suporte (102) tubular;

o posicionamento do membro de suporte (102) tubular no

orifício central (108) do anel piezoelétrico, de modo que a placa vibratória (101) dentro do lúmen do membro de suporte (102) tubular seja circundada pelo anel piezoelétrico em contato com a circunferência externa (104) do membro de suporte (102) tubular; e

a fixação do anel piezoelétrico ao membro de suporte (102) tubular.

26. Método, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** por compreender ainda as etapas de:

ligação de uma crista em torno da circunferência interna (105) do membro de suporte (102) tubular;

posicionamento da placa vibratória (101) sobre a crista; e

brasagem ou soldagem da placa vibratória (101) à crista.

27. Método, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** pelo fato do anel piezoelétrico ser ligado ao membro de suporte (102) tubular com um adesivo capaz de eficientemente transferir uma vibração do anel piezoelétrico para o membro de suporte (102) tubular.

28. Método, de acordo com a reivindicação 25, **caracterizado** por compreender a etapa de:

atuação do membro de indução de vibração (103) para produzir expansão e contração radial contra o membro de suporte (102) para causar a vibração axial da placa vibratória (101).

29. Método, de acordo com a reivindicação 28, **caracterizado** pelo fato de o membro de suporte (102) filtrar uma vibração além da vibração axial.

30. Método, de acordo com a reivindicação 24,

**caracterizado** pelo fato de que:

o membro de suporte (102) tubular compreende uma circunferência externa (104);

o membro de indução de vibração (103) é um anel piezoelétrico concentricamente posicionado em torno da circunferência externa (104) do membro de suporte (102) tubular em uma localização coincidente com a circunferência externa da placa vibratória (101); e o método compreendendo adicionalmente:

a expansão e a contração radialmente do anel piezoelétrico contra o membro de suporte (102) tubular, de modo a fazer com que a placa vibratória (101) vibre na direção axial.

31. Método, de acordo com a reivindicação 30, **caracterizado** pelo fato do anel piezoelétrico ser vibrado a uma frequência na faixa de em torno de 20 kHz a em torno de 500 kHz.

32. Método, de acordo com a reivindicação 30, **caracterizado** pelo fato da placa vibratória (101) incluir uma pluralidade de aberturas, e pelo fato de compreender ainda o suprimento de um líquido para a placa vibratória (101) para aerossolizar o líquido como gotículas de líquido.

33. Método, de acordo com a reivindicação 32, **caracterizado** pelo fato das gotículas terem um tamanho na faixa de em torno de 3 micrômetros a 6 micrômetros, e do líquido ser aerossolizado a uma taxa de em torno de 5 microlitros/segundo a em torno de 20 microlitros/segundo.

34. Método, de acordo com a reivindicação 32, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda o acoplamento

de um reservatório (402) ao membro de suporte (102) tubular para suprimento do líquido para a placa vibratória (101).

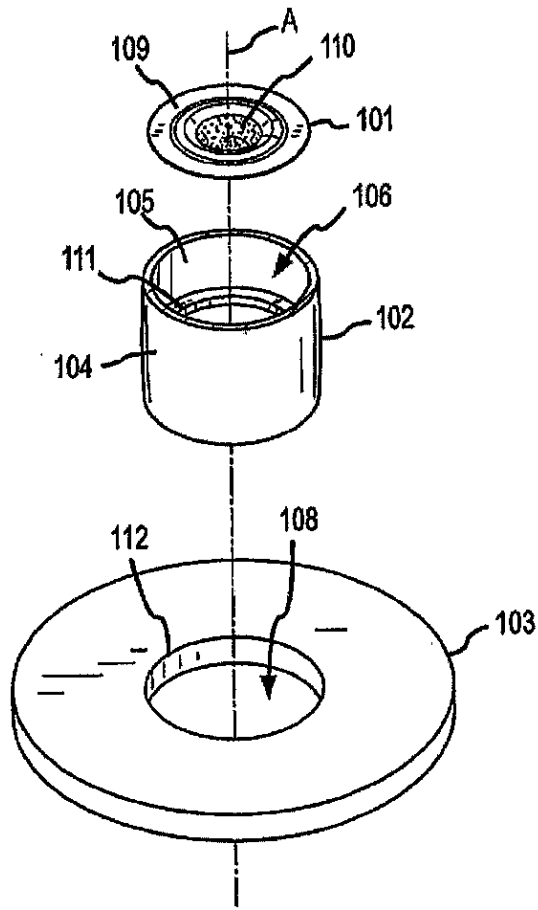


FIG. 1a

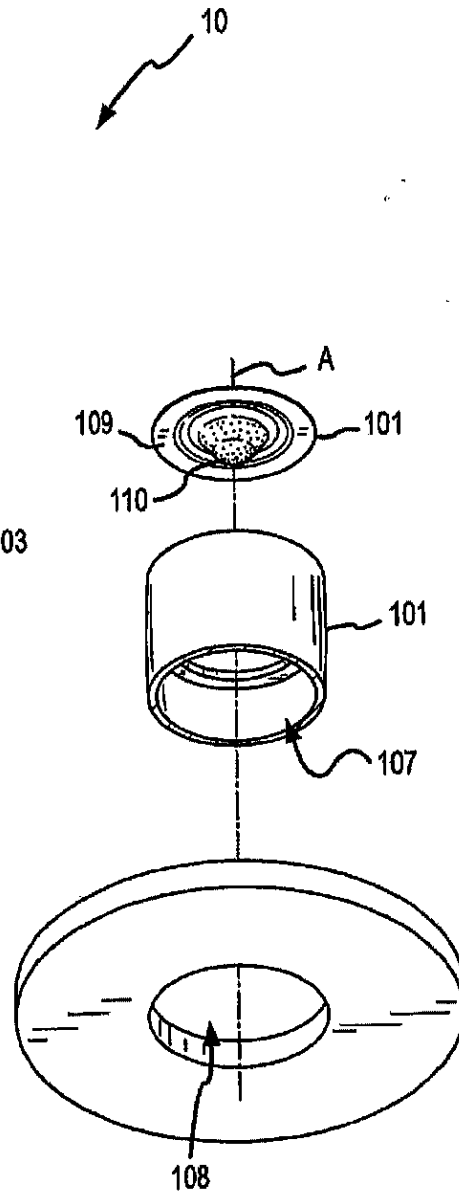


FIG. 1b

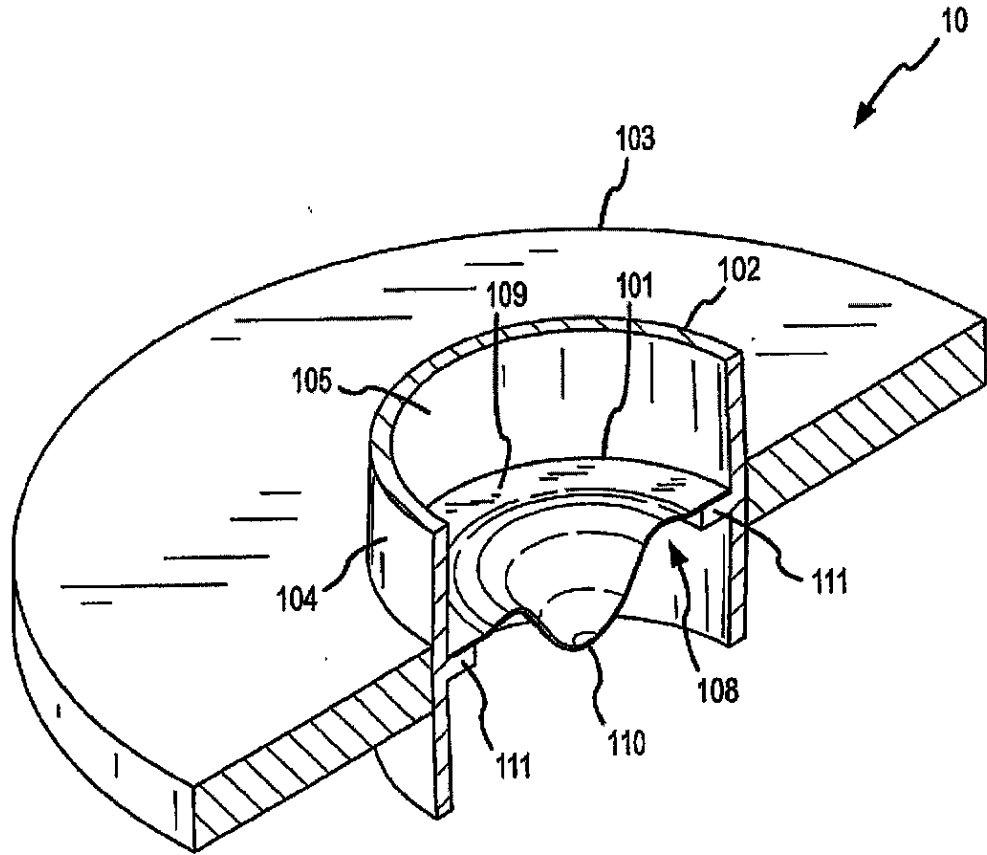


FIG. 2

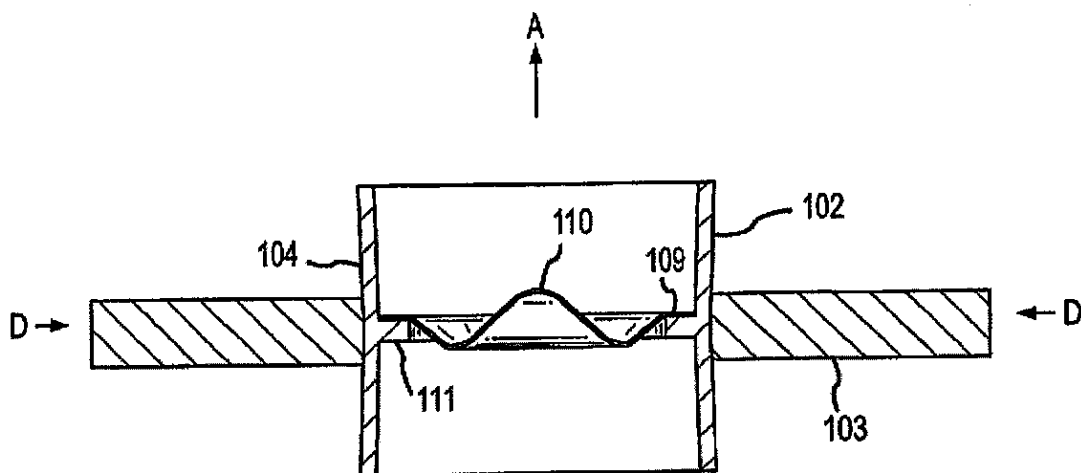


FIG.3a

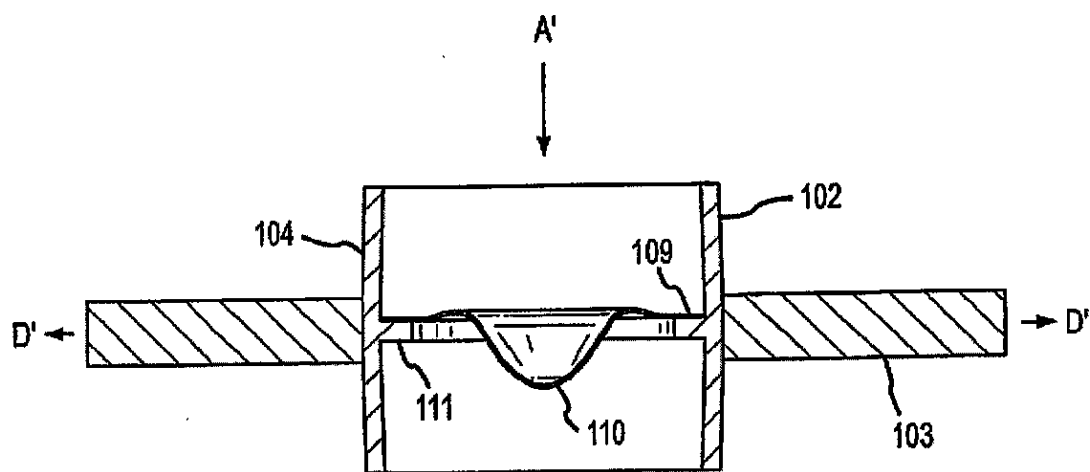


FIG.3b

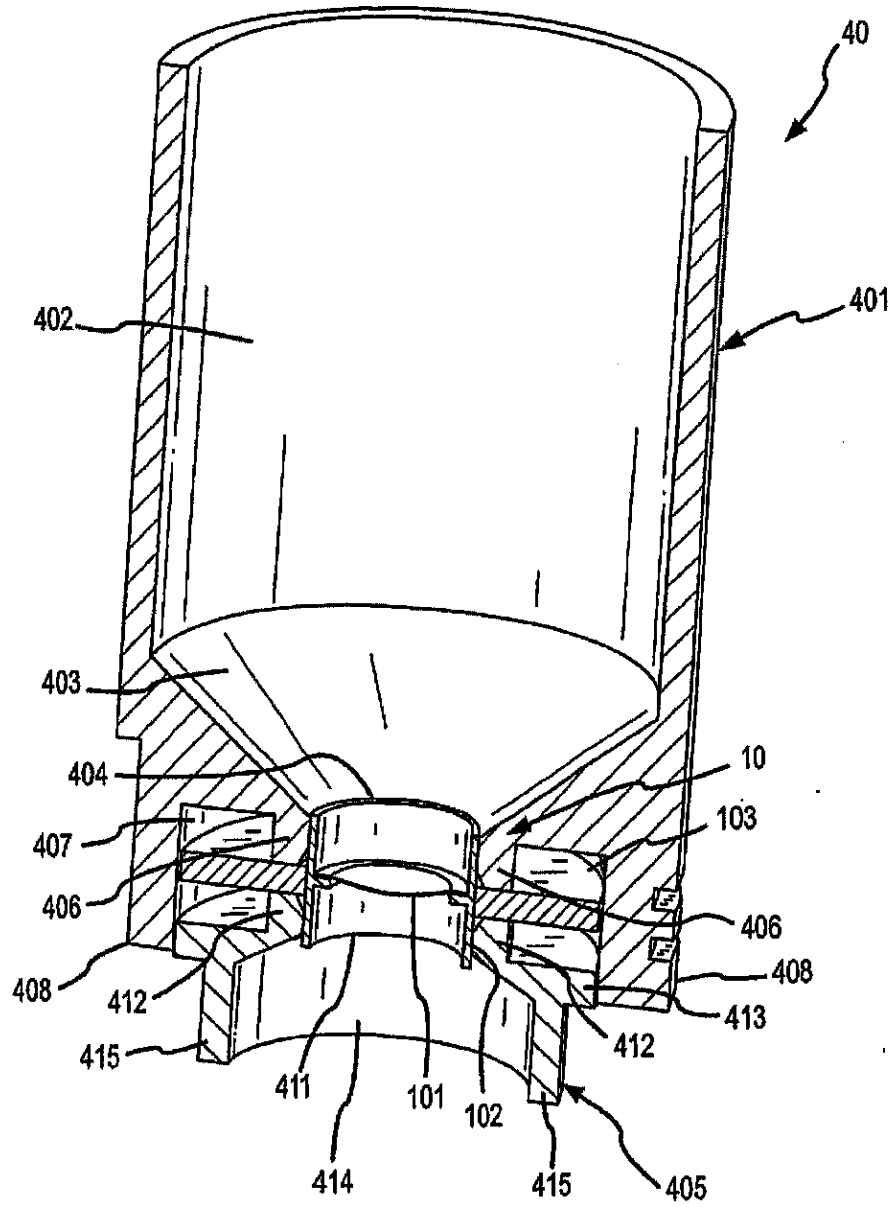


FIG.4a

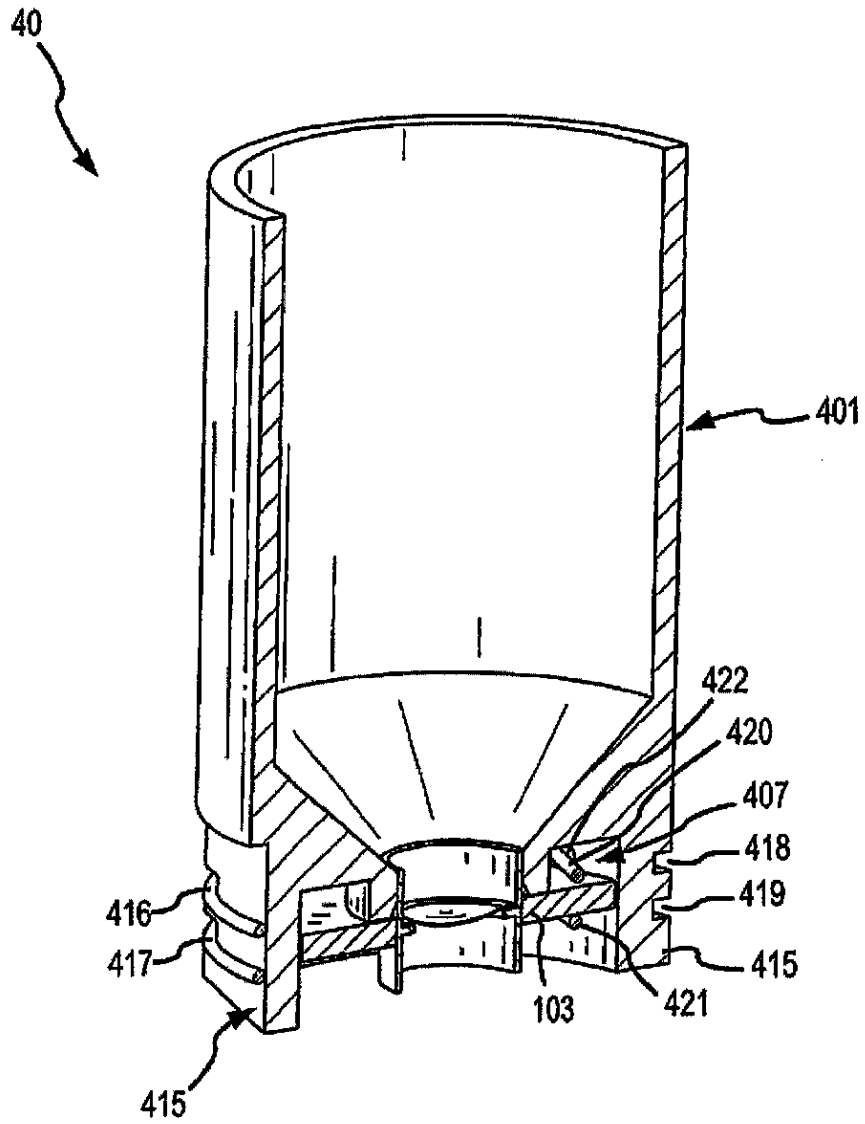


FIG.4b

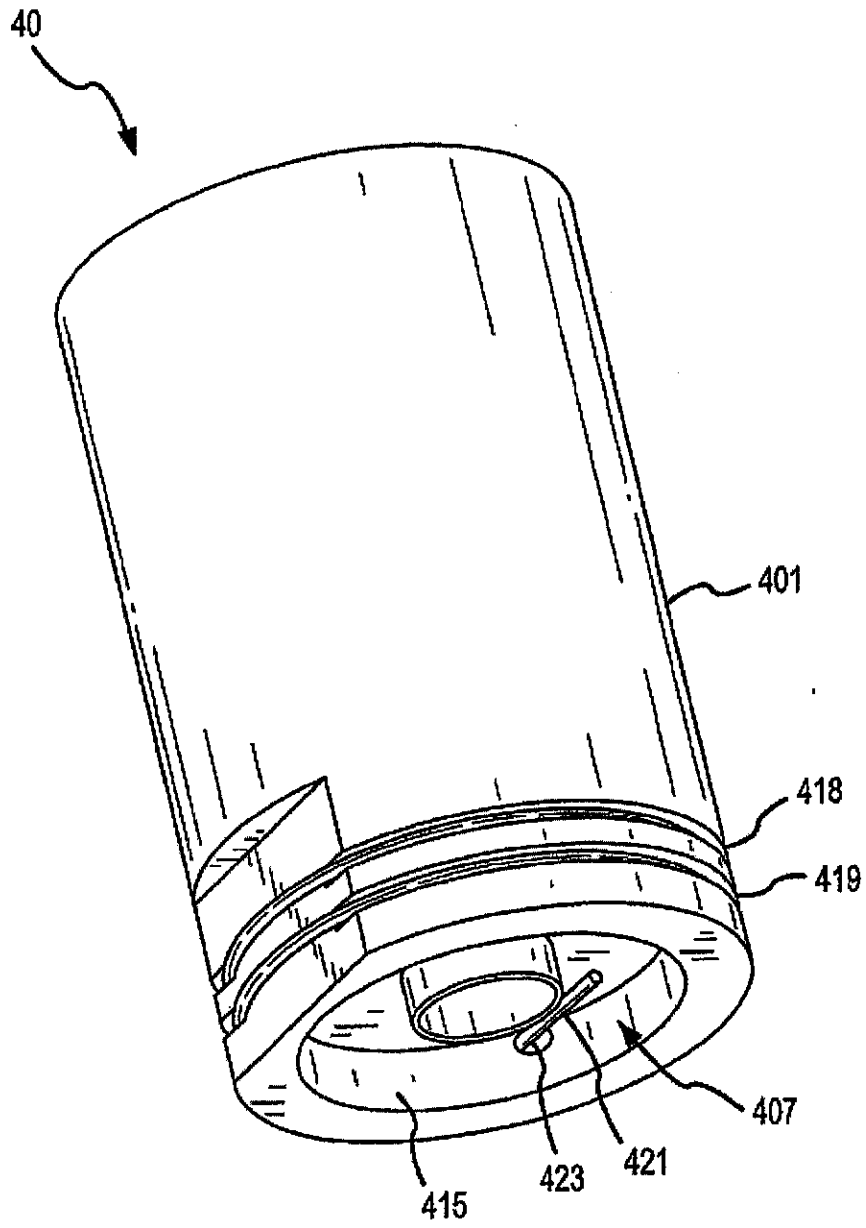


FIG.4c

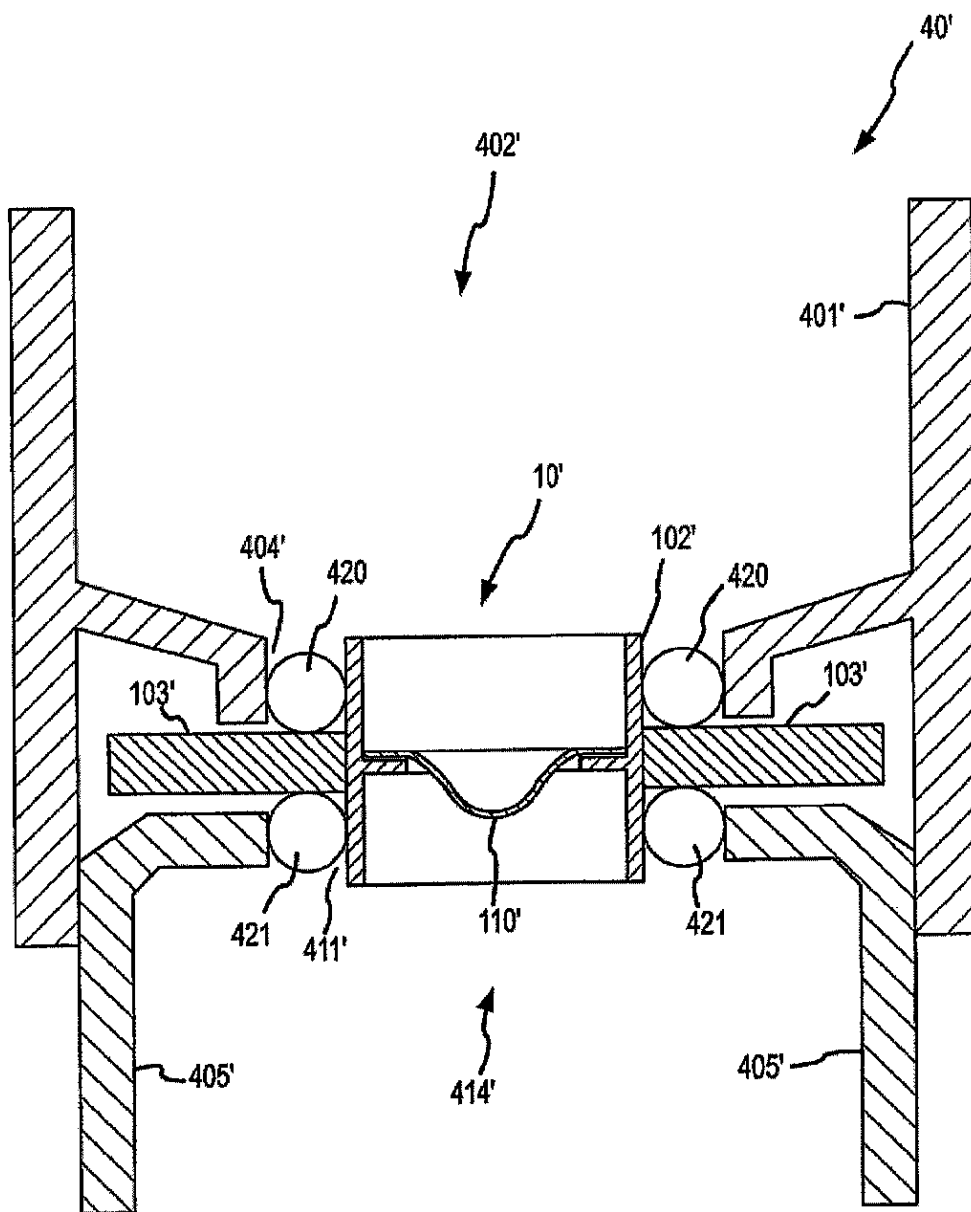


FIG.4d

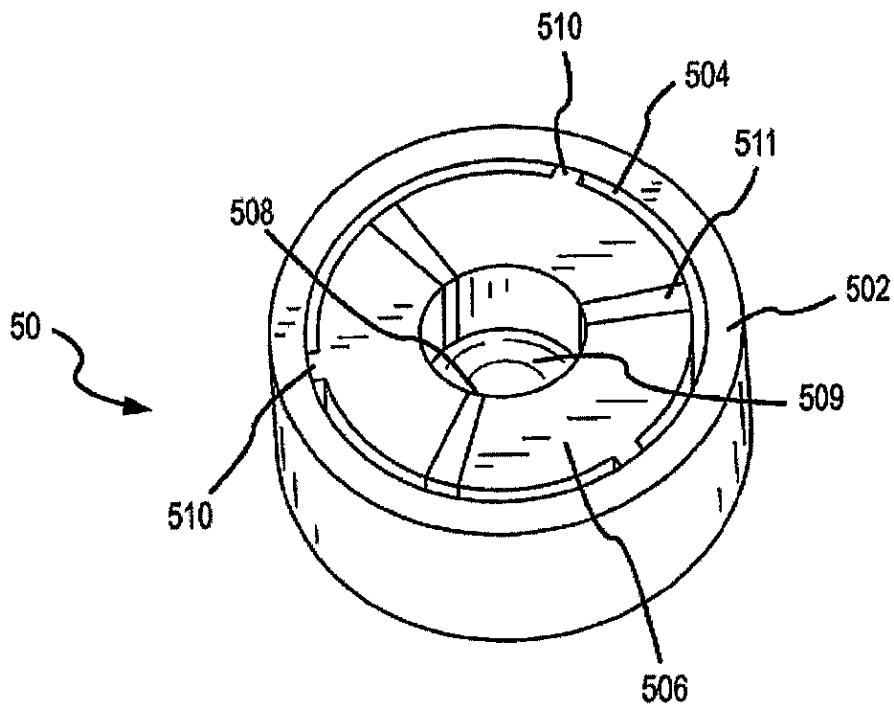


FIG. 5a

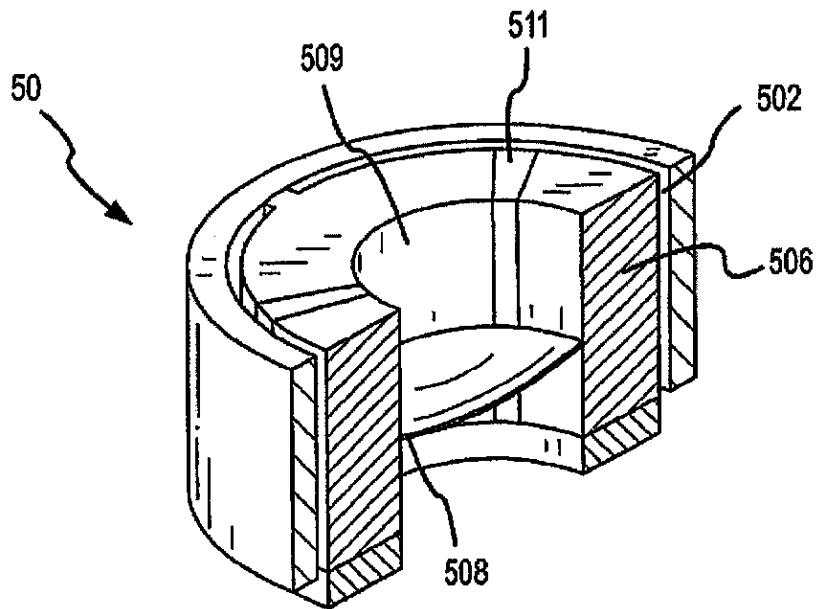


FIG. 5b

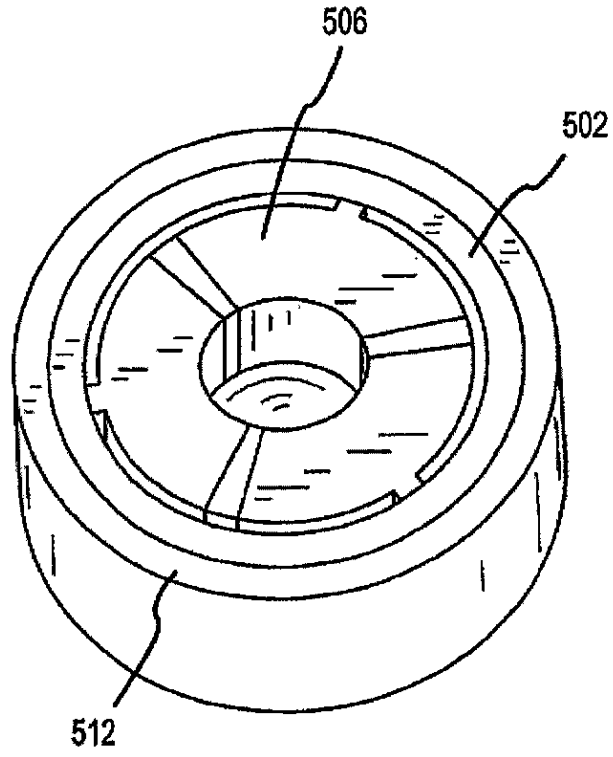
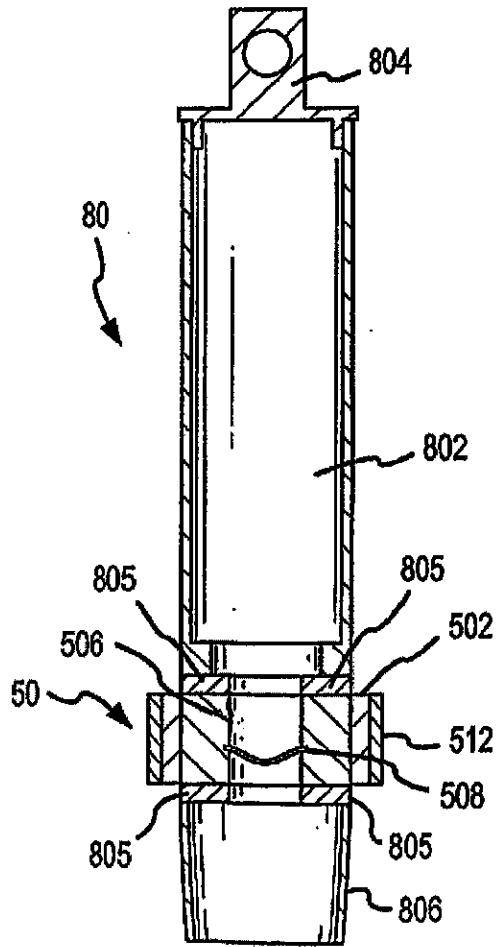
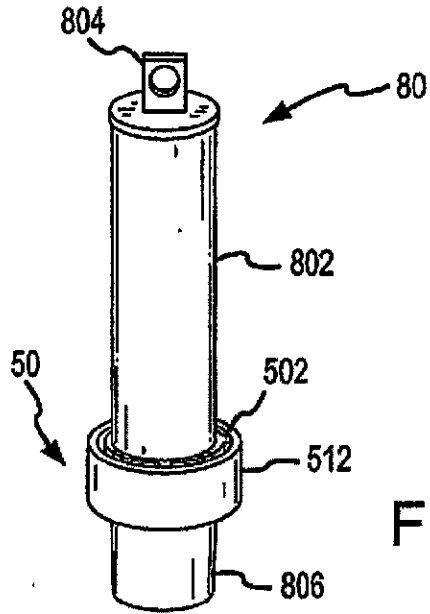


FIG.6



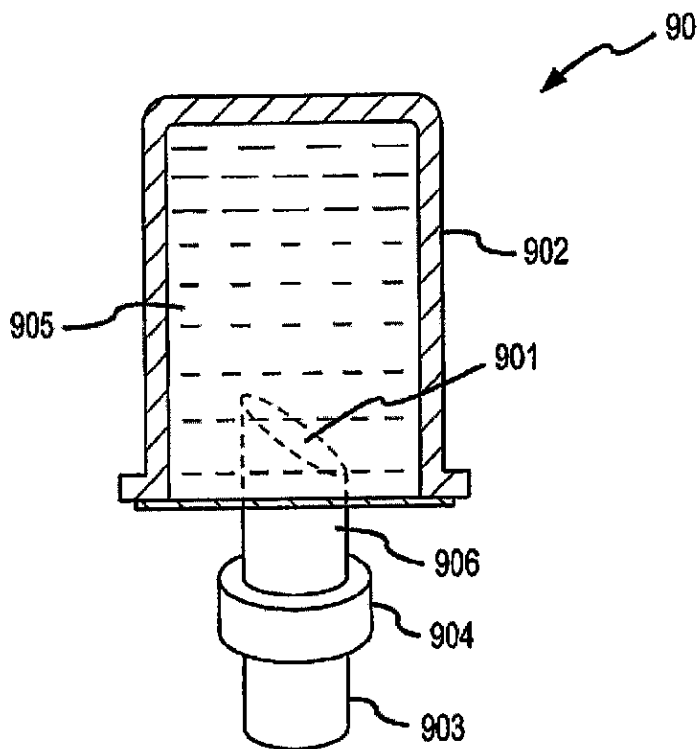


FIG.8