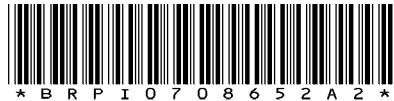




República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) PI0708652-0 A2



\* B R P I 0 7 0 8 6 5 2 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 07/03/2007  
(43) Data da Publicação: 07/06/2011  
(RPI 2109)

(51) Int.CI.:  
F04B 17/03 2006.01

(54) Título: DISPOSITIVOS DE TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA FLUÍDICA

(30) Prioridade Unionista: 07/03/2006 US 60/780,037

(73) Titular(es): Influent Corp.

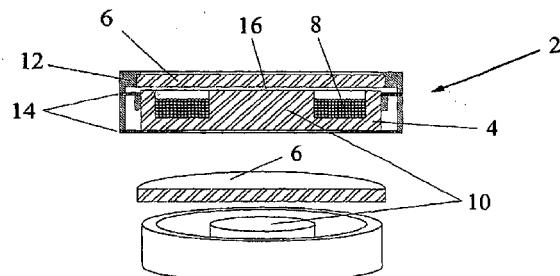
(72) Inventor(es): Timothy S. Lucas

(74) Procurador(es): Dannemann ,Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT US2007005713 de 07/03/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/103384de 13/09/2007

(57) Resumo: DISPOSITIVOS DE TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA FLUÍDICA. A presente invenção refere-se a um dispositivo de transferência de energia fluídica, que inclui uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção móvel em relação à outra porção da câmara, sendo que a porção móvel é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume através do movimento da porção móvel. O dispositivo inclui, ainda, um atuador fixado à porção móvel, em que os deslocamentos da porção móvel podem ser maiores que o deslocamento do atuador.



020080139541

PT 0708652-0

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**DISPOSITIVOS DE TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA FLUÍDICA**".

REFERÊNCIA CRUZADAS AOS PEDIDOS DE PATENTE

o presente pedido de patente reivindica a prioridade ao Pedido 5 de Patente Provisório U.S. Nº 60/780.037, depositado em 7 de março de 2006, por Timothy S. Lucas of Providence Forge, Virginia, EUA, intitulado "Fluidic Energy Transfer Devices", sendo que os conteúdos do mesmo estão aqui incorporados em sua totalidade a título de referência.

O Pedido de Patente PCT PCT/US2005/046557, depositado em 10 22 de dezembro de 2005, intitulado Reaction-Drive Energy Transfer Device, por Timothy S. Lucas, aqui mencionado, sendo que os conteúdos do mesmo estão aqui incorporados em sua totalidade a título de referência.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

1) Campo da Invenção

15 A presente invenção refere-se, em geral, a um aparelho e métodos para transferir energia em um volume de fluidos e, mais especificamente, ao campo de bombas lineares, compressores lineares, jatos sintéticos, sistemas acústicos ressonantes e outros dispositivos fluídicos.

2) Descrição da Técnica Relacionada

20 Com a finalidade de transferir energia dentro de um invólucro definido, as tecnologias anteriores têm empregado uma série de abordagens, inclusive o deslocamento positivo, agitação, como com agitação mecânica ou a aplicação de ondas acústicas em movimento ou imóveis, a aplicação de forças centrífugas e a adição de energia térmica. A transferência de energia mecânica por meio desses vários métodos pode servir para uma variedade de aplicações, que podem incluir, por exemplo, compressão, bombeamento, mistura, atomização, jatos sintéticos, medição de fluidos, amostragem, amostragem de ar para agentes de guerra biológica, jatos de tinta, filtração, conduzir alterações físicas devido a reações químicas, ou outras alterações materiais nos particulados suspensos, como Trituração ou aglomeração, ou uma combinação de qualquer um desses processos, para nomear alguns.

Acerca da categoria de máquinas de deslocamento positivo,

descobriu-se um amplo uso aos diafragmas. A ausência de perdas de energia de atrito torna os diafragmas especialmente úteis em máquinas de deslocamento positivo por redimensionamento enquanto se tenta manter alta eficiência energética. O interesse em dispositivos de escala MESO e MEMS

5 tem levado a uma confiança ainda maior em dispositivos tipo diafragma e tipo diafragma/pistão (isto é, um pistão com uma parte circundante flexível) para transferir energia em fluidos no interior de pequenas bombas ou outros dispositivos fluídicos. Conforme o uso em questão, o termo "bomba" refere-se a dispositivos projetados para proporcionar compressão e/ou fluxo para

10 líquidos ou gases. Conforme o uso em questão, o termo "fluído" é destinado a incluir tanto o estado líquido como o estado gasoso da matéria.

Os atuadores usados para acionar bombas com diafragmas maiores se provaram problemáticos para máquinas MESO ou MEMS visto que é difícil manter sua eficácia e baixo custo à medida que eles são redimensionados. Por exemplo, os vãos livres associados a atuadores do tipo bobinas eletromagnéticas e alto-falante devem redimensionados com a finalidade de manter a alta eficiência em transdução e isto agrega complexidade e custos de fabricação. Da mesma forma, as laminationes do motor se tornam magneticamente saturadas à medida que os motores são redimensionados

15 enquanto buscam manter uma saída de potência mecânica constante. Acerca dos alvos aceitáveis de custo de produto, é amplamente aceitável que a eficiência eletromecânica desses transdutores desaparecerá com a redução de tamanho.

20 Esses desafios de dimensionamento, associados aos atuadores magnéticos convencionais, têm levado ao uso difundido de outras tecnologias, como atuadores eletrostrítivos (por exemplo, piezocerâmicos), atuadores curvadores piezocerâmicos, eletrostáticos e magnetostrítivos para aplicações MESO e MEMS. Um disco curvador piezo pode naturalmente combinar o diafragma fluídico e o atuador em um único componente.

30 As vantagens de se utilizar o piezo como o diafragma fluídico são compensadas pelas limitações inerentes de deslocamento do piezo. Visto que as cerâmicas são relativamente frágeis, os diafragmas/discos piezo-

cerâmicos podem apenas proporcionar uma pequena fração dos deslocamentos proporcionados por outros materiais, como os metais, plásticos e elastômeros, por exemplo. Os deslocamentos oscilatórios de pico que um disco circular piezocerâmico fixado pode proporcionar sem falhas são tipicamente menores que 1% do diâmetro fixado do disco. Visto que o deslocamento do diafragma está diretamente relacionado à energia fluídica transferida por ciclo de tempo, os curvadores piezo impõem uma limitação significativa na densidade de potencia e no desempenho como um todo de pequenos dispositivos fluídicos, como as bombas e compressores com tamanho MESO. Essas limitações de energia relacionadas ao deslocamento são especialmente verdadeiras para gases.

Outros tipos de atuadores piezo que dependem das propriedades de flexibilidade de massa do material piezo podem proporcionar uma alta transferência de energia aos líquidos operando-se em freqüências muito altas, porém, em ciclos de tempo ainda menores. Esses pequenos ciclos do atuador tornam o projeto das bombas impraticáveis. Além disso, as bombas de alto desempenho empregam valores passivos que abrem e fecham cada ciclo de bombeamento de modo a proporcionar uma eficácia otimizada de bombeamento. Essas válvulas de bomba podem não proporcionar o desempenho necessário na faixa de freqüência kHz-MHz que os atuadores piezo de massa precisam para transferir energia suficiente.

Atualmente, a demanda é crescente para dispositivos fluídicos continuamente menores que podem não ser alcançáveis ou funcionalmente úteis de modo consistente com a tecnologia atual de bombas piezo. Por exemplo, precisa-se de bombas e compressores que possam proporcionar maiores densidades de potência e taxas de vazão específicas (isto é, a taxa de vazão de volume de fluidos dividida pelo volume físico da bomba) em cabeças de pressão maiores e em unidades de tamanho continuamente menor. Exemplos de aplicações que exigem bombas de tamanho MESO de alto desempenho incluem a miniaturização de células combustíveis para dispositivos eletrônicos portáteis, como dispositivos computacionais portáteis, PDAs e telefones celulares; sistemas independentes de gerenciamento térmico

que podem se encaixar em um cartão circuito e proporcionar resfriamento aos microprocessadores e outros aparelhos eletrônicos semicondutores e dispositivos médicos pessoais portáteis para pacientes de ambulatório. Portanto, há uma necessidade por uma bomba piezo compacta economicamente viável que remedeie pelo menos algumas das deficiências das bombas piezo de corrente.

#### Sumário da Invenção

Com a finalidade de satisfazer essas necessidades e superar as limitações das tentativas anteriores, proporciona-se a presente invenção como um dispositivo de transferência de energia que utiliza novos atuadores flutuantes ativados por reação que servem para acionar os dispositivos fluídicos de diafragma e pistão, como bombas, compressores, jatos sintéticos e dispositivos acústicos em uma freqüência de acionamento e, algumas vezes, próxima a sua ressonância de sistema. Com a finalidade de satisfazer adicionalmente essas necessidades e superar as limitações das tentativas anteriores, proporciona-se a presente invenção como um dispositivo de transferência de energia que permita o uso de atuadores de alta força e baixo tempo que servem para acionar os ciclos maiores de diafragma e pistão para dispositivos fluídicos, como bombas, compressores e jatos sintéticos em uma freqüência de acionamento e, algumas vezes, próxima a sua ressonância de sistema.

Um dispositivo de transferência de energia fluídica de acordo com uma modalidade compreende uma câmara de fluidos dotada de uma parede interna conformada de modo a formar uma câmara volume com uma abertura e um diafragma fluídico rigidamente fixado ao perímetro da abertura e com um atuador de relutância variável fixado ao diafragma fluídico. O dispositivo de transferência de energia ativado por reação de acordo com algumas modalidades da presente invenção proporciona um único sistema para acionar os deslocamentos do diafragma fluídico que podem ter uma ordem de grandeza maior que o deslocamento dos diafragmas piezo anteriores.

O sistema ativado por reação de acordo com a maioria das mo-

dalidades da presente invenção permite um alto desempenho para dispositivos, como bombas com tamanho MESO, compressores, jatos sintéticos e dispositivos acústicos. As bombas e os compressores de acordo com algumas modalidades da presente invenção podem incluir portas e válvulas moduladas que permitem que fluido de baixa pressão entre e o fluido com alta pressão saia de uma câmara de compressão em resposta às compressões cíclicas. O sistema ativado por reação pode utilizar uma variedade de atuadores, como um atuador curvador que compreende curvadores PZT unilaminar, bilaminar e multilaminar, compósitos piezopoliméricos, como materiais cristalinos PVDF, materiais magnetostritivos, transdutores poliméricos eletroativos (EPTs), polímeros eletrostritivos e vários "materiais inteligentes", como ligas com memória de forma (SMA), atuadores de diafragma PZT de campo radial (RFD), bem como atuadores de relutância variável e atuadores de bobina de alto-falante.

Os dispositivos fluídicos de acordo com a presente invenção podem ser operados em uma freqüência de acionamento que permita que energia seja armazenada na ressonância mecânica do sistema, proporcionando, assim, deslocamentos de diafragma ou pistão que podem ser maiores e, tipicamente, muito maiores que os deslocamentos do atuador. A ressonância do sistema pode ser determinada com base na massa de movimento eficaz do diafragma, atuador e componentes relacionados e na dureza de mola do fluido, do diafragma fluídico, e outras molas mecânicas opcionais; e/ou outros componentes/ambientes que influenciem na freqüência ressonante.

As bombas de acordo com algumas modalidades da presente invenção podem ser utilizadas em uma variedade de aplicações, incluindo, a título de exemplo, apenas a compressão geral de gases como ar, hidrocarbonetos, gases de processo, gases de alta pureza, gases perigosos e corrosivos, com a compressão de refrigerantes de troca de fase para refrigeração, bombas de condicionamento de ar e aquecimento com líquidos, e outras aplicações de compressão por vapor ou transferência de calor por troca de fase. As bombas de acordo com algumas modalidades da presente invenção tam-

bém podem bombear líquidos, como combustíveis, água, óleos, lubrificantes, refrigerantes, solventes, fluido hidráulico, produtos químicos tóxicos ou reativos, dependendo do projeto particular de bomba. As bombas da presente invenção também podem oferecer capacidade para operação de gás ou líquido.

5 De forma mais específica, uma modalidade exemplar da presente invenção inclui uma câmara de fluidos dotada de uma parede interna conformada de modo a formar um volume de câmara e dotada de uma abertura. Um diafragma ou pistão fluídico é rigidamente fixado ao perímetro da abertura na câmara de fluidos e o diafragma ou pistão tem uma porção flexível capaz de se mover em relação ao perímetro externo entre uma pluralidade de primeiras posições e uma pluralidade de segundas posições, sendo que as primeiras e segundas posições têm distâncias variáveis a partir da parede interna da câmara fluídica. A câmara é preenchida com um fluido que compreende parte da carga do sistema. O fluido dentro da câmara de fluidos compreende uma mola, e o diafragma fluídico também compreende uma mola. Um atuador tendo um ponto de fixação é fixado ao diafragma fluídico. Determina-se uma freqüência ressonante mecânica de massa-mola pelas massas em movimento eficaz combinadas do atuador e diafragma ou pistão 10 e pela mola mecânica e pela mola a gás, e o atuador é operável em uma ampla faixa de freqüências de acionamento, sendo que algumas freqüências que resultam em energia são armazenadas na ressonância mecânica de massa-mola e proporcionam deslocamentos do diafragma ou pistão fluídico que são maiores (e, em muitos casos, bem maiores) que os deslocamentos 15 20 do atuador, de tal modo que a energia aumentada seja transferida à carga fluídica no interior da câmara de fluidos.

Em outra modalidade da invenção, há um dispositivo de transferência de energia fluídica que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma 30 porção da câmara compreende uma porção móvel em relação à outra porção da câmara, sendo que a porção móvel é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume através

do movimento da porção móvel; e

um atuador de relutância variável fixado à porção móvel;

onde o atuador de relutância variável é ao menos (i) diretamente conectado à porção móvel e (ii) ligado à porção móvel, de modo a formar

5 uma montagem de porção móvel do atuador;

onde o atuador de relutância variável não é efetivamente conectado nem ligado a nenhum outro componente do dispositivo que não seja a porção móvel; e

onde a montagem de porção móvel do atuador é adaptada para

10 se mover substancialmente apenas devido à oscilação do atuador em uma freqüência de acionamento.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o atuador é acionado a uma freqüência de forma que armazene energia

15 na ressonância do sistema de tal modo que os deslocamentos da porção móvel aumentem proporcionalmente em relação à energia armazenada.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o atuador é conectado com elasticidade a um componente do dispositivo

20 que seja separado da porção móvel.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde uma folga do atuador de relutância variável é adaptada para oscilar em uma amplitude e freqüência de deslocamento de tal modo que o atuador e a

25 porção móvel se movam entre uma primeira posição e uma segunda posição substancialmente apenas devido ao deslocamento do atuador, e onde a distância entre a primeira posição e a segunda posição é maior que a amplitude de deslocamento da folga do atuador.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo

30 de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde a porção móvel compreende um diafragma.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo

de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde a porção móvel compreende um pistão com uma parte circundante flexível.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo  
5 de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o dispositivo compreende, ainda;

uma porta de entrada de fluidos em comunicação fluida com a câmara; e

10 uma porta de saída de fluidos em comunicação fluida com a câ-  
mara;

onde o dispositivo é adaptado para atrair fluidos para dentro da câmara através da porta de entrada durante o movimento da porção móvel de tal modo que aumente o volume da câmara, e

15 onde o dispositivo é adaptado para expelir fluidos para fora da câmara através da porta de saída durante o movimento da porção móvel de tal modo que diminua o volume da câmara.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde se proporciona uma abertura na câmara que permite ao fluido entrar e 20 sair da câmara, e onde a oscilação do fluido através da dita abertura cria um jato sintético.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde a câmara porção móvel compreende um fole.

25 Em outra modalidade da invenção, há um dispositivo de transfe-  
rência de energia fluídica que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção móvel relativa à outra porção da câmara, sendo que a porção móvel é adaptada para alterar o volume da câ-  
30 mara a partir de um primeiro volume para um segundo volume através do movimento da porção móvel; e

um atuador eletroativo fixado à porção móvel;

onde o atuador eletroativo é ao menos (i) diretamente conectado à porção móvel e (ii) ligado à porção móvel, de modo a formar uma montagem de porção móvel do atuador;

5 onde o atuador eletroativo não é efetivamente conectado nem ligado a nenhum outro componente do dispositivo que não seja a porção móvel; e

onde a montagem de porção móvel do atuador é adaptada para se mover substancialmente apenas devido à oscilação do atuador em uma freqüência de acionamento.

10 Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde uma massa de reação é fixada ao atuador eletroativo.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos, que compreende:

15 uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação à outra porção da câmara de tal modo que um ponto máximo de deflexão na porção flexível proporcione deslocamentos maiores que quaisquer outros pontos na porção flexível, sendo que a porção flexível é adaptada a alterar o  
20 volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a porção flexível; e um atuador gerador de força fixado à porção flexível em um ponto que não seja o ponto máximo de deflexão;

onde o atuador gerador de força é ao menos (i) diretamente conectado à porção móvel e (ii) ligado à porção flexível, de modo a formar uma  
25 montagem de porção móvel do atuador;

onde o atuador eletroativo não é efetivamente conectado nem ligado a nenhum outro componente do dispositivo que não seja a porção flexível; e

30 onde a montagem de porção móvel do atuador é adaptada para se mover substancialmente apenas devido à oscilação do atuador em uma freqüência de acionamento.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo

de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o diafragma compreende, ainda, uma seção de pistão central que se torna o ponto máximo de deflexão.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo  
5 de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde a porção flexível compreende um fole tendo ao menos uma seção de fole.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo  
de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o fole compreende, ainda, uma seção de pistão central que se torna o  
10 ponto máximo de deflexão.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo  
de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o dito atuador gerador de força compreende um atuador curvador.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo  
15 de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o dito atuador gerador de força compreende um atuador de relutância variável.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo  
de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o dito atuador gerador de força compreende um atuador eletroativo sólido.  
20

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo  
de transferência de fluidos, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma  
25 porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma  
segunda porção da câmara, sendo que a porção flexível é adaptada a alterar  
o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume  
dobrando-se a porção flexível; e

um grampo de pivô que fixa a porção flexível ao redor de um  
30 circuito fechado da porção flexível dividindo, assim, a porção flexível em 2  
seções que compreendem uma seção interna dentro do circuito fechado e  
uma seção externa fora do circuito fechado, sendo que o grampo de pivô

permite que a seção externa e a seção interna girem ao redor do grampo de pivô, de tal modo que os deslocamentos das seções interna e externa estejam em direções opostas, e

5 ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à seção externa da porção flexível;

onde o atuador gerador de força é ao menos (i) diretamente conectado à porção móvel e (ii) ligado à porção flexível, de modo a formar uma montagem de porção móvel do atuador;

10 onde o atuador gerador de força não é efetivamente conectado nem ligado a nenhum outro componente do dispositivo que não seja a seção externa da porção flexível; e

onde a montagem de porção móvel do atuador é adaptada para se mover substancialmente apenas devido à oscilação do atuador em uma freqüência de açãoamento.

15 Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara de tal modo que um ponto máximo de deflexão 20 na porção flexível na primeira porção flexível proporcione deslocamentos maiores que quaisquer outros pontos na primeira porção flexível, sendo que a primeira porção flexível é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a primeira porção flexível; e

25 ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à porção flexível em um ponto que não seja o ponto máximo de deflexão e um ponto de fixação à segunda porção da câmara;

onde o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre a porção flexível da câmara e a segunda porção da câmara com alterações 30 correspondentes no volume da câmara; e

onde o deslocamento de pico resultante do ponto máximo de deflexão é maior que o deslocamento do atuador gerador de força.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde:

a segunda porção da câmara compreende uma segunda porção flexível da câmara móvel em relação à primeira porção flexível da câmara, de tal modo que um ponto máximo de deflexão na segunda porção flexível proporcione deslocamentos maiores que quaisquer outros pontos na segunda porção flexível, e

o atuador gerador de força tem, também, um ponto de fixação à segunda porção flexível em um ponto que não seja seu ponto máximo de deflexão,

onde o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre as primeiras e segundas porções flexíveis da câmara resultando, assim, em deslocamentos de pico entre os pontos máximos de deflexão das primeiras e segundas porções flexíveis da câmara, que são maiores que o deslocamento do atuador gerador de força.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde a primeira porção flexível compreende um primeiro pistão com uma parte circundante flexível, e a segunda flexível compreende um segundo pistão com uma parte circundante flexível.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma primeira porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara, sendo que a primeira porção flexível é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a primeira porção flexível; e

ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à primeira porção flexível em um ponto de deslocamento de flexão zero e um ponto de fixação à segunda porção da câmara e forças geradoras na direção do deslocamento de flexão da primeira porção flexível;

onde o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre a porção flexível da câmara e a segunda porção da câmara com alterações no volume da câmara resultantes da soma instantânea do deslocamento do atuador e o deslocamento de flexão da primeira porção flexível.

5 Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde

uma porta de entrada de fluidos em comunicação fluida com a câmara; e

10 uma porta de saída de fluidos em comunicação fluida com a câmara;

onde o dispositivo é adaptado para atrair fluidos para dentro da câmara através da porta de entrada durante o movimento da porção flexível de tal modo que aumente o volume da câmara, e

15 onde o dispositivo é adaptado para expelir fluidos para fora da câmara através da porta de saída durante o movimento da porção flexível de tal modo que diminua o volume da câmara.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde:

20 a segunda porção da câmara que compreende uma segunda porção flexível da câmara móvel em relação à primeira porção flexível da câmara, e

25 o atuador gerador de força que também tem um ponto de fixação à segunda porção flexível em um ponto de deslocamento de flexão zero da segunda porção flexível,

30 onde o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre as primeiras e segundas porções flexíveis da câmara resultando, assim, em deslocamentos de pico entre os pontos máximos de deflexão das primeiras e segundas porções flexíveis da câmara, que são maiores que os deslocamentos axiais do atuador gerador de força.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo

de transferência de fluidos, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara, sendo que a primeira porção flexível é adaptada

5 para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a primeira porção flexível; e

ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à porção flexível em um ponto de deslocamento de flexão zero e forças geradoras em uma direção transversal ao deslocamento de flexão da

10 primeira porção flexível;

onde o atuador gerador de força exerce forças transversais alternadas na primeira porção flexível da câmara e com alterações resultantes no volume da câmara resultante de vibrações axiais da primeira porção flexível.

15 Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde:

a segunda porção da câmara compreende uma segunda porção flexível da câmara móvel em relação à primeira porção flexível da câmara; e

20 o atuador gerador de força também tem um ponto de fixação à segunda porção flexível em um ponto de deslocamento de flexão zero da segunda porção flexível e forças geradoras em uma direção transversal ao deslocamento de flexão da segunda porção flexível;

onde o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre as primeiras e segundas porções flexíveis da câmara resultando, assim, em alterações resultantes no volume da câmara volume resultante de vibrações axiais das primeiras e segundas porções flexíveis.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos, que compreende:

30 uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara, sendo que a primeira porção flexível é adaptada

para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a primeira porção flexível; e um atuador gerador de força que tem um ponto de fixação à parte central da primeira porção flexível e forças geradoras em uma direção transversal ao deslocamento de flexão da primeira porção flexível;

5 onde o atuador gerador de força exerce forças transversais alternadas na primeira porção flexível da câmara e com alterações resultantes no volume da câmara resultante de vibrações axiais da primeira porção flexível.

10 Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos, que compreende:

15 uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara, sendo que a porção flexível é adaptada a alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a porção flexível; e

20 um grampo de pivô que fixa a porção flexível ao redor de um circuito fechado da porção flexível dividindo, assim, a porção flexível em 2 seções que compreendem uma seção interna dentro do circuito fechado e uma seção externa fora do circuito fechado, sendo que o grampo de pivô permite que a seção externa e a seção interna girem ao redor do grampo de pivô, de tal modo que os deslocamentos das seções interna e externa estejam em direções opostas, e

25 ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à seção externa da porção flexível e um ponto de fixação ao grampo de pivô e forças geradoras na mesma direção do deslocamento de flexão da porção flexível;

30 onde o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre o grampo de pivô e a seção externa da porção flexível com alterações no volume da câmara resultante da flexão da porção flexível.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo para

transferir energia aos ressonadores acústicos.

Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o ressonador acústico compreende um jato sintético ressonante.

5 Em outra modalidade da presente invenção, há um dispositivo de transferência de fluidos conforme descrito anteriormente e/ou abaixo, onde o ressonador acústico compreende o ressonador de um compressor acústico.

#### Breve Descrição dos Desenhos

10 Os desenhos em anexo, que são incorporados e formam uma parte do relatório descritivo, ilustram as modalidades da presente invenção e, junto ao relatório descritivo, servem para explicar os princípios das invenções. Nos desenhos:

15 A figura 1 é uma vista em seção transversal de uma modalidade de um atuador de relutância variável (VR) usado na presente invenção.

A figura 2 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção tendo um atuador VR que aciona um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação.

20 A figura 3 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da figura 2 que compreende, ainda, uma mola estabilizadora.

A figura 4 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção tendo um atuador VR que aciona um pistão dentro de uma bomba fluídica ativada por reação.

25 A figura 5 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção tendo um atuador VR que aciona um diafragma para criar um jato sintético.

A figura 6 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção tendo um atuador de bobina de alto-falante que aciona um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação.

30 A figura 7 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção tendo um atuador VR que aciona uma câmara de compressão de fole dentro de uma bomba ou compressor ativado por re-

ção.

A figura 8 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção tendo um atuador eletroativo sólido que aciona um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação.

5 A figura 9 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção tendo um atuador eletroativo sólido com uma massa de reação que aciona um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação.

10 A figura 10 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção tendo um atuador eletroativo sólido anular com formato cilíndrico com uma massa de reação que aciona uma bomba fluídica ativada por reação.

15 A figura 10A é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção tendo uma câmara de compressão de fole acionada por dois atuadores eletroativos sólidos em uma bomba fluídica ativada por reação.

20 A figura 11 é uma vista em seção transversal de uma modalidade da presente invenção que proporciona uma ilustração conceitual de "acionamento fora do eixo" de um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação.

A figura 12 é uma vista em seção transversal de um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação acionado fora do eixo sendo acionado por um atuador curvador dotado de um ponto central de conexão da tomada de força (PTO).

25 A figura 13 é uma vista em seção transversal de um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação acionado fora do eixo sendo acionado por um atuador curvador tendo um ponto de perímetro PTO.

30 A figura 14 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo dois atuadores curvadores que acionam uma câmara de compressão de fole com pistão duplo dentro de uma bomba ou compressor ativado por reação.

A figura 15 é uma vista em seção transversal de uma modalida-

de acionada fora do eixo da presente invenção tendo dois atuadores curvadores que acionam uma câmara dupla de compressão de fole com pistão duplo dentro de uma bomba ou compressor ativado por reação.

A figura 16 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador eletroativo sólido com uma massa de reação dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação.

A figura 17 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador curvador com uma massa de reação e um ponto central de PTO que aciona um diafragma que, sucessivamente, aciona um pistão dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação.

A figura 18 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador curvador com uma massa de reação e um ponto PTO de perímetro que aciona um diafragma que, sucessivamente, aciona um pistão dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica ativado por reação.

A figura 18A é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por reação e borda fora do eixo da presente invenção tendo um atuador eletroativo anular, que aciona a borda de um diafragma fora de seu círculo de grampo.

A figura 18B é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por reação e borda fora do eixo da presente invenção tendo um atuador eletroativo anular com uma massa de reação, que aciona a borda de um diafragma fora de seu círculo de grampo.

A figura 19 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador aterrado mecanicamente genérico que aciona um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia.

A figura 20 é uma vista em seção transversal de um atuador aterrado mecanicamente genérico que aciona um pistão dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

A figura 21 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador VR mecanicamente aterrado que aciona um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

5 A figura 22 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador curvador mecanicamente aterrado em sua parte central que aciona um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

10 A figura 23 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador VR mecanicamente aterrado que aciona um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

15 A figura 24 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador eletroativo anular mecanicamente aterrado que aciona um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

20 A figura 25 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo atuadores duplos eletroativos anulares mecanicamente aterrados que acionam um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

A figura 26 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador de bobina de alto-falante mecanicamente aterrado que aciona um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

25 A figura 27 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo atuadores duplos eletroativos anulares mecanicamente aterrados que acionam uma câmara de compressão de fole dentro de uma bomba ou compressor.

30 A figura 28 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo atuadores duplos eletroativos anulares mecanicamente aterrados que acionam uma câmara de compressão de fole com pistão duplo dentro de uma bomba ou compressor;.

A figura 29 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada fora do eixo da presente invenção tendo um atuador VR mecanicamente aterrado que aciona uma câmara de compressão de fole com pistão duplo dentro de uma bomba ou compressor.

5 figura 30 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por grampo axial da presente invenção tendo um atuador eletroativo anular mecanicamente aterrado que aciona um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

10 A figura 31 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por grampo axial da presente invenção tendo um atuador eletroativo anular mecanicamente aterrado que aciona um diafragma convoluto dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

15 A figura 32 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por grampo axial da presente invenção tendo um atuador eletroativo anular que aciona um atuador eletroativo anular que aciona dois diaframas dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

20 A figura 32A é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por grampo axial da presente invenção tendo um atuador de relutância variável mecanicamente aterrado que aciona um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

A figura 33 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por grampo radial da presente invenção tendo um atuador eletroativo anular mecanicamente aterrado que aciona um diafragma dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

25 A figura 34 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por grampo radial da presente invenção tendo um atuador eletroativo anular mecanicamente aterrado que aciona um diafragma convoluto dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

30 A figura 35 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por grampo radial da presente invenção tendo um atuador eletroativo anular mecanicamente aterrado que aciona um diafragma convoluto dentro de um dispositivo de transferência de energia fluídica.

A figura 36 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por grampo radial da presente invenção tendo atuadores duplos eletroativos anulares que acionam uma câmara de compressão de fole dentro de uma bomba ou compressor.

5 A figura 37 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por grampo radial da presente invenção tendo atuadores duplos eletroativos anulares que acionam uma câmara de compressão de fole com pistão duplo dentro de uma bomba ou compressor.

10 A figura 37A é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por bomba radial condutora da presente invenção tendo um único diafragma com um atuador radialmente flexível.

A figura 37B é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por bomba radial condutora da presente invenção tendo um único diafragma com um atuador radialmente flexível.

15 A figura 37C é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por bomba radial condutora da presente invenção tendo diafragmas duplos com atuadores radialmente flexíveis.

20 A figura 37D é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por bomba radial condutora da presente invenção tendo uma seção de fole com dois atuadores radialmente flexíveis.

A figura 37E é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por bomba radial condutora da presente invenção tendo um diafragma com um atuador radialmente flexível que aciona um pistão secundário.

25 A figura 38 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por borda da presente invenção tendo um atuador eletroativo açular que aciona a borda de um diafragma fora de seu círculo de grampo.

30 A figura 39 é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por borda da presente invenção tendo atuadores duplos eletroativos anulares que acionam a borda de um diafragma fora de seu círculo de grampo.

A figura 40 é uma vista em seção transversal de uma modalida-

de acionada por borda da presente invenção tendo um atuador eletroativo açular que aciona a borda de um diafragma fora de seu círculo de grampo, sendo que o dito diafragma aciona, sucessivamente, um pistão.

A figura 40A é uma vista em seção transversal de uma modalidade acionada por borda da presente invenção tendo um atuador anular de relutância variável que aciona a borda de um diafragma fora de seu círculo de grampo.

A figura 41 ilustra um dispositivo de transferência de energia fluídica da presente invenção que aciona um ressonador acústico mostrado em seção transversal parcial.

A figura 42 ilustra um dispositivo de transferência de energia fluídica da presente invenção que aciona outro ressonador acústico mostrado em seção transversal parcial.

A figura 43 ilustra um dispositivo de transferência de energia fluídica da presente invenção que aciona um ressonador acústico plano.

A figura 44 ilustra um dispositivo de transferência de energia fluídica da presente invenção que aciona um jato sintético ressonante.

#### Descrição Detalhada de Algumas Modalidades

Nesta seção, as descrições das modalidades da presente invenção são organizadas em subtítulos que descrevem as forças que são aplicadas aos diafragmas ou pistões da presente invenção. As designações de força, em geral, indicam a direção da força em relação ao eixo geométrico do diafragma/pistão (isto é, axial ou radial) e o ponto de aplicação (por exemplo, eixo central, fora do centro, ou no ponto de fixação).

#### 25 Topologias Acionadas por Reação

O Pedido de Patente PCT PCT/US2005/046557 descreve os dispositivos acionados por reação com atuadores curvadores flutuantes (como piezocerâmicos ou qualquer número de outros atuadores eletroativos), sendo que os conteúdos do mesmo estão aqui incorporados em sua totalidade a título de referência. A dinâmica do atuador flutuante dos sistemas acionados por reação permite o uso de atuadores de baixo tempo com alta força, eliminando, assim, os motores elétricos dispendiosos que acio-

nam bombas e compressores convencionais. A presente invenção proporciona outros atuadores que podem ser usados nos sistemas acionados por reação. Para as modalidades acionadas por reação, as forças são axialmente direcionadas. Os atuadores acionados por reação são agrupados em duas 5 classes diferentes com base onde suas forças são aplicadas ao sistema fluídico: (i) acionamento axial ou por pistões e (ii) acionamento fora do eixo.

#### Acionamento Axial e/ou por Pistões

Os atuadores discutidos neste subtítulo são usados para acionar um diafragma em seu ponto central ou acionar um pistão.

10 Reportando-se, agora, à figura 1, ilustra-se uma vista em seção transversal de uma modalidade do atuador do sistema acionado por reação da presente invenção. A figura 1 ilustra um atuador simétrico de relutância variável (VR) 2, dotado de uma seção de bobina 4 e uma seção de disco 6. O circuito de fios 8 fica envolto ao redor do poste central 10 e a seção de 15 bobina 4 é fixada à seção de disco 4 pela ligação 12 e pelas molas 14 de modo a proporcionar uma folga 16. Quando a bobina 8 é energizada por uma corrente DC, a força magnética atrativa resultante faz com que a seção de disco 6 e a seção de bobina 4 sejam uma atraída à outra, reduzindo, assim, a folga 16. Quando a corrente tende a zero, as molas 14 devolvem à 20 seção de disco 6 e à seção de bobina 4 suas posições originais. Se uma corrente alternada de freqüência  $f$  for aplicada à bobina 8, então, duas forças atrativas são criadas, uma sendo constante com o tempo e a outra oscilatória. A força de oscilação faz com que a seção de disco 6 e a seção de bobina 4 sejam ciclicamente atraídas uma à outra com uma freqüência vibracional 25 resultante de  $2f$ , geralmente denominada como uma resposta paramétrica. A força constante resulta em uma redução da folga médio enquanto os componentes estão oscilando.

A figura 2 mostra um motor VR 20 da figura 1 tendo a função de um atuador para um sistema de diafragma acionado por reação. O motor 20 30 é rigidamente conectado ao centro do diafragma 16 pelo separador 18 e a câmara de fluidos 15 é unida pelo invólucro 22 e pelo diafragma 16. A vibração do diafragma 16 transfere energia a um fluido pela câmara de fluidos 15.

As portas de fluidos 28 e 30 são proporcionados de modo a permitir que os fluidos entrem e saiam da câmara de fluidos 15 como seria o caso de uma bomba. No entanto, as portas 28 e 30 da figura 2 não são destinadas a indicar um sistema fluídico específico, como uma bomba, compressor ou jato 5 sintético, mas ao invés disso, são destinadas a descrever um sistema fluídico genérico acionado por uma modalidade de sistema de acionamento específico para transferir energia ao fluido. Essa mesma abordagem gráfica é usada ao longo do documento e é destinada a dar ênfase ao sistema de acionamento que poderia ser usado para uma série de diferentes aplicações 10 de fluidos, como uma bomba, compressores, jatos sintéticos, sistemas acústicos ressonantes, etc.

Em operação, uma forma de onda de voltagem alternada de freqüência  $f$  aplicada à bobina do motor 20 que cria uma força variável de tempo na freqüência  $2f$  fazendo com que os elementos do motor 24 e 26 vibrem 15  $180^\circ$  fora de fase entre si. A massa do componente 24 será, tipicamente, menor que a massa do componente 26, fazendo com que a amplitude do componente 24 seja maior que a amplitude do componente 26. O movimento do componente 24 é diretamente transferido ao diafragma 16 via separador 18, que, sucessivamente, transfere energia ao fluido no interior da câmara 20 de fluidos 15. O sistema fluídico acionado por reação da figura 2 terá uma freqüência de ressonância do sistema mecânico  $f_0 = (I/2\pi)(K/M)^{1/2}$  onde  $K$  = dureza combinada do diafragma 16 e a dureza da mola do fluido na câmara fluídica 15,  $M$  = aproximadamente a massa de movimento eficaz combinado do diafragma 16 e do motor 20 e o separador 12 e  $f_0$  se refere à freqüência 25 de ressonância do sistema que resulta em um diafragma fluídico fixado 6 que oscila em seu formato de modo axial de ordem mais baixa. Para uma previsão precisa de  $f_0$ , o movimento do invólucro 22 também deve ser levado em consideração. Os modelos numéricos análogos mecânicos e elétricos do elemento agregado e outros modelos podem ser usados para prever e/ou 30 estimar a freqüência de ressonância fundamental do sistema fluídico da figura 2.

Se uma freqüência de acionamento  $f$  for escolhida próxima ou

igual à  $1/2$  da freqüência ressonante fundamental do sistema  $f_0$ , então, a energia pode ser armazenada na ressonância em proporção tanto ao fator de qualidade de ressonância do sistema Q como à proximidade da freqüência de acionamento  $f$  à freqüência de ressonância  $f_0$ . À medida que a energia é 5 armazenada na ressonância do sistema, o deslocamento do diafragma 16 pode exceder a oscilação de folga real do motor 20. Desta forma, um motor VR com baixo deslocamento pode ser usados para proporcionar maiores deslocamentos do diafragma necessários pelas aplicações fluídicas MESO e MEMS atuais. Visto que apenas a conexão mecânica substancial (ou, de 10 outra forma, eficaz) ao motor 20 da figura 2 serve para o separador 18, o motor 20 está livre para se movimentar junto, ou flutuar, aos deslocamentos maiores do diafragma 16, mesmo quando as amplitudes de oscilação da folga permanecem apenas uma fração da amplitude de flexão do diafragma 16.

Considera-se que tanto as freqüências de acionamento que resultam em energia armazenada como as freqüências de acionamento que não resultam em energia armazenada estejam no escopo da presente invenção independentemente da modalidade particular.

A força magnética gerada por um motor VR pode ser aproximada por  $F_{mag} = Li/2G$ , onde  $L$  é a indução do motor,  $i$  é a corrente e  $G$  é a distância da folga. As perdas do motor variam em relação a  $i$  e a força gerada para uma dada corrente variará em relação ao inverso da distância da folga  $G$ . Conseqüentemente, a eficiência do motor também variará inversamente em relação a  $G$ . Conforme explicado anteriormente, em um sistema ativado por reação, a folga não precisa oscilar na mesma amplitude do diafragma de 20 fluido. Conseqüentemente, pequenas folgas podem ser usadas, o que permite altas eficiências de transdução em pequenos motores VR. A combinação dos atuadores acionados por reação e variáveis de relutância elimina a necessidade por motores elétricos em miniatura convencionais de altos custos. Na figura 1, a seção de disco 6 e a seção de bobina 4 podem ser constituídas a partir de Compósitos Magnéticos Macios (SMCs) tipo os materiais Hoganas, que têm baixas perdas em freqüências mais altas, como acima de 30 100 Hz. Esses materiais são pouco dispendiosos e podem ser formados em

formatos similares aos do motor 2 na figura 1.

Embora o motor 2 da figura 1 proporcione uma excelente utilização da bobina, outras topologias que não são simétricas como as seções magnéticas EI, EIE IEEI e CI também podem ser usadas e construídas a 5 partir de lamações transformadoras de aço ou materiais SMC conforme é bem-conhecida na técnica. Qualquer atuador que se beneficie de pequenas folgas também podem ser usados. A Patente U.S. 6.388.417 descreve muitas topologias VR diferentes e sistemas relacionados ao acionamento e controle que podem ser usados no escopo da presente invenção, sendo que os 10 conteúdos da mesma estão aqui incorporados em sua totalidade a título de referência.

Muitos aprimoramentos podem ser feitos ao dispositivo de acionamento por reação da figura 2, conforme descrito no Pedido PCT Nº PCT/US2005/046557, como a mola estabilizadora 32 conforme mostrado na 15 figura 3. Outras aplicações dessas modalidades e aprimoramentos como os encontrados no pedido PCT citado serão óbvios aos versados na técnica. Para as modalidades que são similares à modalidade da figura 3, a mola estabilizadora 32 pode ser usada como a dureza principal de mola do sistema, permitindo, assim, que a dureza de mola de um diafragma ou pistão seja 20 muito mais macia do que a desejada para uma aplicação dada. Reportando-se à figura 2, outros pontos de fixação para estabilizar ou molas secundárias poderiam incluir o componente do motor 24 ou o separador 18.

A figura 4 mostra como um motor VR pode ser aplicado em um sistema ativado por reação para acionar uma bomba ou compressor de pistão. No interior do corpo da bomba 36, o motor 34 é rigidamente conectado a 25 ao pistão 38 tendo uma parte circundante flexível 39 fixada a ele, sendo que a parte circundante flexível 39 é fixada ao redor de seu perímetro, permitindo, assim, que o pistão 38 vibre axialmente. Exceto onde indicado em contrário, o termo pistão conforme o uso em questão significa um pistão com 30 uma parte circundante flexível similar ao pistão 38 da figura 4. As partes circundantes flexíveis podem ser construídas a partir de metais, plásticos, elástômeros ou quaisquer materiais que satisfaçam as necessidades de compa-

tibilidade estruturais, de tensão e químicas de uma dada aplicação. A câmara de fluidos 40 é unida pelo pistão 38 e pelo corpo da bomba 36. As portas de entrada 42 ficam situadas no pistão 38 e as portas de saída 44 ficam localizadas no corpo da bomba 36. Duas válvulas de lingüeta, tendo uma topologia similar à topologia da válvula de lingüeta 48, são proporcionadas para cobrir as portas de entrada e saída. A válvula de admissão de lingüeta fica situada sobre a face superior do pistão 38 e a válvula de descarga de lingüeta fica situada sobre a superfície 49 do corpo da bomba 36. Tanto a válvula de admissão de lingüeta como a válvula de descarga de lingüeta são fixadas em suas partes centrais com as pontas de lingüeta livres para abrir e fechar em resposta às pressões oscilantes de fluido no interior da câmara de fluidos 40. Em operação, o motor 34 aciona os deslocamentos oscilantes do pistão resultando em compressão fluídica e fluxo, desse modo, o fluido entre no corpo da válvula 36 através da porta 50 e sai através da porta 52. A operação da bomba próxima à sua freqüência ressonante do sistema resultará em deslocamentos do pistão maiores em proporção à energia armazenada no sistema. As modalidades de diafragma conforme mostrado na figura 2 também podem se beneficiar da câmara de compressão estreitas mostradas na figura 4. Para aplicações de compressor, as câmaras de compressão estreitas reduzem o espaço morto, aumentando, assim, a razão de compressão para uma amplitude de tempo dada. Na figura 3 o topo da câmara de compressão seria conformado de modo a se encaixar ao formato curvado do diafragma.

A figura 5 ilustra como um motor VR pode ser usado para acionar um jato sintético. Em operação, o motor 58 oscila o diafragma 54 de tal modo que o fluido no interior da câmara de fluidos 56 passe por variações cíclicas de pressão, criando, assim, uma vazão de fluidos oscilante através da porta 60 e um fluxo de pulsação resultante fora da porta 60 que se estende axialmente ao longo da porta 60. A operação do dispositivo próximo à freqüência ressonante resultará em um deslocamento maior do em proporção à energia armazenada no sistema. Qualquer um dos sistemas de acionamento fluídico da presente invenção pode ser usado em combinação com

os jatos sintéticos. Por exemplo, as modalidades de acionamento que utilizam pistões, diafragmas, atuadores curvadores eletroativos, motores VR, flexão volumosa de materiais eletroativos, ou qualquer uma das modalidades da presente invenção que incluem as modalidades mostradas no Pedido

5 PCT N° PCT/US2005/046557 podem ser usadas para acionar jatos sintéticos. A vantagem proporcionada pela presente invenção em relação aos jatos sintéticos consiste na capacidade de acionar um fluxo oscilante de ar/gás significantemente maior através da porta em um dispositivo com tamanho dado, resultando em taxas maiores de fluxo de jato.

10 A figura 6 mostra um atuador de bobina de alto-falante 62 que aciona um sistema fluídico acionado por reação. O atuador de bobina de alto-falante 62 compreende uma seção magnética permanente 64 conectada por molas 70 a uma seção de bobina de alto-falante 66 dotada de uma bobina de alto-falante 68 rigidamente conectada a ela. Quando a bobina de alto-falante 68 for energizada por uma corrente alternada, então, as seções do motor 66 e 64 virarão 180º fora de fase entre si. A operação do dispositivo próxima a sua freqüência ressonante de sistema resultará em deslocamentos de diafragma maiores em proporção à energia armazenada no sistema. À medida que a energia é armazenada na ressonância do sistema, o deslocamento do diafragma 16 pode exceder os deslocamentos relativos entre a seção de bobina de alto-falante 66 e a seção magnética 64. Como tal, o motor 62 é livre para se movimentar junto, ou flutuar, aos deslocamentos maiores do diafragma 72. As oscilações resultantes do diafragma 72 transferem energia ao fluido no interior da câmara de fluidos 74.

15 25 A figura 7 proporciona outra modalidade de acionamento por reação tendo um corpo da válvula 80 que aloja um motor VR 76 rigidamente fixado ao pistão 78, sendo que o pistão 78 é rigidamente fixado à única seção de fole 82. Sucessivamente, o fole 82 é rigidamente fixado ao corpo da válvula 80. O fole 82 pode ter 2, 3 ou qualquer número de seções dependendo das exigências do projeto de uma aplicação específica. A câmara de compressão 84 é unida pelo corpo da válvula 80, pelo fole 82 e pelo pistão 78. O fole 82 atua como parte da dureza de mola mecânica eficaz da bomba

na determinação da freqüência ressonante de sistema da bomba. A bomba da figura 7 tem válvulas de admissão e descarga de lingüetas similares à válvula de lingüeta 48 da figura 4, sendo que uma válvula de admissão de lingüeta é instalada sobre a superfície superior do pistão 78 para cobrir as 5 portas de entrada 90 e uma válvula de descarga de lingüeta instalada sobre a superfície 98 do corpo da válvula 80, cobrindo, assim, as portas 94. As pétalas adicionais da válvula de lingüeta cobrirão as portas não mostradas no plano de corte da figura 7.

Em operação, o motor 76 aciona o fole 82 resultando em uma 10 oscilação de volume da câmara de compressão 84 e consequente compressão e vazão de fluidos, desse modo, o fluido entra no corpo da válvula 80 através da porta 88 e sai através da porta 86. A operação do dispositivo próximo a sua freqüência ressonante de sistema resultará em maiores deslocamentos do pistão em proporção à energia armazenada no sistema. Embora a bomba da figura 7 utilize uma única seção de fole, qualquer número de 15 seções de fole pode ser usado. O número de seções de fole usado será determinado pelas necessidades da aplicação particular. Qualquer um dos outros atuadores aqui descritos pode ser usado para acionar a modalidade da figura 7, como atuadores curvadores eletroativos, atuadores eletroativos sólidos, e várias topologias de atuador VR, bem como outro atuador gerador de 20 força.

A figura 8 ilustra outro simples atuador de alta força e baixo tempo que pode ser usado em combinação com o sistema ativado por reação em que um atuador eletroativo com formato cilíndrico 102 é rigidamente 25 conectado ao diafragma 100. O atuador eletroativo 102 pode ser construído a partir de qualquer número de materiais eletroativos incluindo piezocerâmicas, compósitos piezopoliméricos, como PVDF, materiais cristalinos, materiais magnetostritivos, transdutores poliméricos eletroativos (EPTs), polímeros eletrostritivos e vários "materiais inteligentes", como ligas com memória de forma (SMA), atuadores feitos a partir de materiais, como Nitinol ou materiais magnetostritivos, como Terfenol-D. Qualquer material que altere seu formato 30 em resposta à aplicação cíclica de energia pode quase certamente ser usa-

do como atuador 102 na figura 8 ou em quaisquer modalidades da presente invenção.

Com a finalidade de explicar a operação do atuador 102, supõe-se que o atuador 102 é feito a partir de um material piezocerâmico. A orientação do atuador 102 é de tal modo que a aplicação de um campo elétrico de polaridade conhecida faça com que a dimensão Z do atuador 102 se contraia. Mediante a reversão da polaridade do campo, a dimensão Z do atuador 102 se expandirá. Quando um campo elétrico com uma polaridade que oscila na freqüência  $f$  for aplicado, então, a dimensão Z do atuador oscilará na freqüência  $f$ . Pretende-se que o tipo de atuador eletroativo seja escolhido de tal modo que as vibrações de princípio do atuador 102 sejam axiais.

Em operação, as vibrações do eixo geométrico Z do atuador 102 farão com que o diafragma 100 vibre, transferindo, assim, energia ao fluido no interior da câmara de fluidos 105. Com a finalidade de aumentar os deslocamentos do diafragma e a transferência de energia fluídica, um campo elétrico oscilante é aplicado ao atuador 102 tendo uma freqüência que seja próxima o suficiente da freqüência ressonante do sistema, de tal modo que a energia armazenada na ressonância do sistema resultante nos deslocamentos do diafragma seja proporcional à energia armazenada. Quando mais próxima a freqüência de acionamento for da freqüência instantânea ressonante do sistema, maior é a energia armazenada e maior é a transferência de energia fluídica. As freqüências de acionamento que resultam em energia armazenada e as freqüências de acionamento que não resultam em energia armazenada estão ambas no escopo da presente invenção independentemente da modalidade particular.

Na figura 9 é mostrado um aprimoramento do sistema ativado por reação da figura 8 onde uma massa de reação 106 é rigidamente fixada ao atuador 108. O atuador 108 opera da mesma forma do atuador 102 da figura 8. Conforme descrito no Pedido de Patente PCT Nº PCT/US2005/046557, a massa de reação pode aumentar a magnitude e eficácia de energia transferida a partir do atuador até o diafragma e, consequentemente, ao fluido.

A figura 10 ilustra o uso de outro atuador em um sistema ativado

por reação. O atuador 10 tem um formato anular cilíndrico. A parte inferior de um atuador 110 é fixada à massa de reação 112 e a parte superior do atuador 110 é fixada ao diafragma 114. Em operação, o sistema ativado por reação da figura 10 é idêntico ao das figura s 8 e 9.

5 Muitos atuadores eletroativos diferentes podem ser usados no escopo das modalidades das figura s 8 a 10 enquanto eles se flexionam na dimensão Z. Os formatos e materiais escolhidos refletirão as necessidades de uma aplicação dada. Por exemplo, atuadores "compósitos" ou piezo em camadas que reduzem a voltagem necessária para um deslocamento conhecido podem ser usados nas modalidades das figura s 8 a 10.

10 Compreende-se a partir das modalidades das figura s 8 a 10 que a rigidez ou dureza das fixações atuador-ao-diafragma ou das fixações atuador-ao-pistão refletirão no tipo de atuador que é usado. Por exemplo, enquanto a flexão na dimensão Z transfere energia ao sistema, a maioria dos 15 atuadores eletroativos irá tipicamente se flexionar em todas as dimensões, embora não igualmente. Reportando-se à figura 8, quando o atuador 102 se flexiona na direção Z ele também se flexionará na nas dimensões X e Y. Se a fixação atuador-diafragma for rígida, então, a flexão em todas as direções será forçada e a energia transferida para uma dada amplitude de voltagem 20 aplicada será reduzida. Por esta razão, uma conexão tipo ponto será, em geral, preferencial oposta às conexões de superfície mostradas nas figura s 8 a 10. Por exemplo, as conexões de ponto que se situam sobre o eixo cilíndrico do atuador 102 na figura 8 reduziriam a restrição da flexão 3D e otimizaria a transferência de energia. Outras soluções podem incluir o uso de conexões de superfície resilientes, porém, deve-se tomar cuidado já que essas 25 conexões não absorvem energia visto que elas poderiam atuar como amortecedores no sistema. Em geral, a polarização e as propriedades do material do atuador eletroativo devem ser escolhidas com a finalidade de maximizar a deflexão do atuador na direção de distribuição de força e minimizar a deflexão do atuador nas outras direções.

30 As modalidades do atuador eletroativo das figura s 8 a 10 são mostradas como diafragmas de acionamento, porém, também podem acionar

nar os projetos de pistão e fole conforme mostrado nas figuras 4 e 7.

A figura 10A ilustra outra modalidade acionada por reação no eixo tendo um fole 450 formado por um diafragma superior 452 e por um diafragma inferior 454, sendo que o fole 450 é fixado ao redor de seu perímetro ao compartimento 456 através de uma mola anular macia 458. A superfície superior do atuador 460 é fixada à massa de reação opcional 464 e a superfície inferior é fixada à parte central do diafragma superior 452. A superfície inferior do atuador 462 é fixada à massa de reação opcional 466 e a superfície superior é fixada à parte central do diafragma inferior 454. O diafragma superior 452 tem portas de saída 468 e o diafragma inferior 454 tem portas de entrada 470. Tipicamente, essas portas são cobertas pelas válvulas de lingüeta que se abrem e se fecham em resposta à alteração de pressão no interior do fole 450 e os materiais da válvula de lingüeta usados precisariam ser compatíveis e suficiente para manter uma vedação sobre as portas apesar da curvatura dos diafragmas. Em relação à substituição das válvulas de lingüeta, as portas no diafragma superior 452 poderiam servir como portas de entrada ou portas de saída e, da mesma forma, pelo diafragma inferior 454. Supõe-se que na figura 10A onde a válvula de admissão de lingüeta é instalada sobre o diafragma inferior 454 e a válvula de descarga de lingüeta é instalada sobre o diafragma superior 452.

Em consideração à explicação, supõe-se que os atuadores 460 e 462 sejam atuadores eletroativos sólidos, como piezocerâmicos, embora qualquer um dos atuadores discutidos em conexão à presente invenção poderia, alternativamente, ser usado. Em operação, os atuadores 460 e 462 são energizados por um campo elétrico alternado de freqüência  $f$  e o deslocamento cíclico resultante dos atuadores 460 e 462 faz com que o volume do fole 450 varie em freqüência  $f$ . A pressão resultante variável em relação ao tempo dentro do fole 450 fará com que o fluido seja atraído para dentro da porta 472 e expelido a partir da porta 474. As massas de reação opcionais 464 e 466 podem ser usadas para sintonizar a freqüência ressonante do sistema. A operação da bomba da figura 10A próxima à freqüência ressonante do sistema resultará em um deslocamento do fole que se torna maior

em proporção à energia armazenada no sistema.

Acionamento fora do eixo

O acionamento fora do eixo proporciona um meio para sintonizar a impedância da carga à impedância do atuador em um sistema ativado por reação e também pode ser usado para reduzir as tensões relacionadas à aceleração sobre o atuador.

A figura 11 ilustra os princípios do acionamento fora do eixo. O sistema ativado por reação tem um compartimento 116 e um diafragma 118 de raio  $R$ . Nas modalidades discutidas anteriormente, a força do atuador é geralmente aplicada à parte central do diafragma 118 conforme ilustrado pela seta rotulada como force  $F_1$ . O diafragma 118 é livre para se dobrar como um diafragma fixado pela borda e seu envelope de curvatura é mostrado pelas linhas pontilhadas. Nesta representação idealizada, pode-se considerar que o acionamento fora do eixo aplica uma força  $F_1$  em  $r = 0$ . No sentido geral,  $r = 0$  é apenas um caso especial de uma série de diferentes locais radiais onde a força pode ser aplicada para oscilar o diafragma 118. Para um caso mais genérico, a figura 11 mostra uma force  $F_2$  sendo aplicada em um ponto fora do eixo, denominado  $r = x$ . Já que o ponto de aplicação varia de  $r = 0$  a  $r = R$ , então, a força necessária para deslocar a parte central do diafragma em uma dada quantidade  $h$  aumenta, porém, o deslocamento associado do diafragma no ponto de força aplicada diminui. Em outras palavras, para uma freqüência de acionamento fixa, a impedância mecânica da carga aumenta em relação a  $r$ .

A figura 12 ilustra uma modalidade do acionamento fora do eixo em um sistema ativado por reação, onde o atuador curvador 120 é conectado em sua parte central à base do separador 124 e a borda anular 126 do separador 124 é conectada, de forma resiliente, ao diafragma 122 com a finalidade de não restringir a curvatura normal do diafragma 122. Uma massa de reação anular 128 é ficada ao perímetro do atuador curvador. A impulso de potência do atuador curvador 120 ocorre em sua parte central. Em operação, a parte central do diafragma 122 passará por deslocamentos vibracionais maiores que a parte central do atuador curvador 120, supondo-se

que o separador 124 é rígido. A operação do dispositivo da figura 12 próximo à freqüência ressonante do sistema resultará em maiores descolamentos do diafragma em proporção à energia armazenada no sistema.

Conforme é característico dos sistemas ativados por reação, o 5 atuador curvador 120 se movimenta, ou flutua, junto aos deslocamentos do diafragma 122. Embora os deslocamentos de curvatura do atuador curvador 120 possam ser muito menores que os deslocamentos de curvatura do diafragma 122, o atuador 120 passa por tensões adicionais relacionadas à movimentação junto a altas acelerações do diafragma 122. O sistema de acionamento 10 fora do eixo da figura 12 reduz as acelerações impostas pelo diafragma do atuador curvador 120 movimentando-se seu ponto de fixação afastado da parte central do diafragma onde se observam as maiores acelerações.

A figura 13 mostra uma modalidade de acionamento fora do eixo 15 para o sistema ativado por reações que reduzem adicionalmente a aceleração imposta sobre o atuador curvador 130 através do diafragma 132. O atuador curvador 130 tem uma massa de reação conectada ao seu centro. O ponto PTO para o atuador curvador 130 fica em torno de seu perímetro através do separador anular 136. Comparado com o sistema de acionamento 20 fora do eixo da figura 12, o sistema da figura 13 reduz adicionalmente a aceleração imposta sobre o atuador curvador através do diafragma, devido ao diafragma maior que entra em contato com o raio do separador 136. Uma vantagem adicional do acionamento fora do eixo pode ser vista através de 25 uma comparação com a figura 13 e a figura 9. Quando um atuador é fixado ao centro do diafragma, conforme mostrado na figura 9, instabilidades transversais podem resultar em movimentos transversais indesejáveis do atuador que cria, deste modo, tensão adicional no diafragma e no atuador, assim como ruído e vibração adicional do dispositivo. Uma vez que o atuador na figura 13 é fixado próximo ao ponto de fixação do diafragma 132, um grau 30 muito maior de rejeição transversal será fornecido quando comparado com a modalidade da figura 9.

A figura 14 ilustra outra aplicação de acionamento fora do eixo

para o sistema ativado por reações. O corpo de bomba 138 aloja um sistema de pistão duplo e atuador duplo. Uma câmara de compressão 154 é envolvida pelo fole 140, pistão 142 e pistão 144. O atuador curvador 148 tem uma massa de reação 150 fixada ao seu centro e um separador anular 156 fixado ao seu perímetro, sendo que o separador 156 é fixado, por sua vez, na parte superior do fole 140. O atuador curvador 146 tem uma massa de reação 152 fixada ao seu centro e um separador anular 158 fixado ao seu perímetro, sendo que o separador 158 é fixado, por sua vez, na parte inferior do fole 140. O perímetro externo do fole 140 é fixado ao alojamento de bomba 138 através da mola anular macia 160 e serve para isolar as vibrações do fole 140 do alojamento de bomba 138. O pistão 144 e o pistão 142 têm portas com válvula. As válvulas de lingüeta de entrada e saída, similares à válvula de lingüeta 48 mostrada na figura 4, podem ser usadas na modalidade de bomba da figura 14. Por exemplo, uma válvula de lingüeta de entrada pode ser fixada à superfície superior do pistão 142 e uma válvula de lingüeta de saída pode ser fixada à superfície superior do pistão 144. O fluxo através saídas de ar pode ser requerido no separador 156 e no separador 158 a fim de permitir o fluxo de fluido para dentro e para fora das portas de entrada e portas de saída.

Na operação, os atuadores curvadores 148 e 146 podem ser energizados para aplicar forças de oscilação e opostas ao fole 140 que, por sua vez, faz com que os pistões 144 e 142 vibrem 180º fora da fase com relação um ao outro. Se a freqüência da força aplicada ficar na ou próxima à freqüência ressonante do sistema, então, os deslocamentos grandes de pistão irão resultar na compressão e fluxo de fluido consequente, por meio dos quais o fluido entra no corpo de bomba 138 através da porta 162 e sai através da porta 164. Na modalidade da figura 14, os pistões 142 e 144 podem ser eliminados e substituídos por dois diafragmas proporcionando, assim, outra modalidade da presente invenção.

A figura 15 ilustra outra aplicação do acionamento fora do eixo para Sistema ativado por reações. A modalidade é similar àquela da figura 14 exceto pela adição de uma segunda seção de fole. Inúmeras seções de

fole podem ser usadas na invenção atual, sendo que o número exato de seções usadas é uma função de requerimentos da aplicação específica.

A figura 16 ilustra outro atuador que pode ser usado para acionamento fora do eixo do sistema ativado por reações. Proporciona-se um atuador eletroativo anular 166 que tem sua superfície superior fixada ao diafragma 168 e sua superfície inferior fixada à massa de reação opcional 172. Uma massa de sintonização opcional 170 pode ser fixada ao centro do diafragma 168. Para explicar a operação do atuador 166, presume-se que o atuador 166 seja feito de um material piezocerâmico. A orientação do atuador 166 ocorre de modo que a aplicação de um campo elétrico com polaridade fornecida faça com que a dimensão Z se contraia. Revertendo-se a polaridade de campo, a dimensão Z do atuador 166 irá se expandir. Quando um campo elétrico que tem uma polaridade que oscila na freqüência  $f$  é aplicado, então, a dimensão Z do atuador irá oscilar na freqüência  $f$ .

Em operação, as vibrações do eixo geométrico Z do atuador 166 farão com que o diafragma 168 vibre transferindo, deste modo, a energia para o fluido dentro da câmara de fluidos 171. Para aumentar os deslocamentos de diafragma e transferência de energia de fluido, um campo elétrico oscilante é aplicado ao atuador 166 que tem uma freqüência que fica próxima o bastante da freqüência de ressonância de sistema, de modo que a energia seja armazenada na ressonância de sistema que resulta nos deslocamentos de diafragma que são proporcionais à energia armazenada.

A figura 17 mostra um sistema de acionamento fora do eixo similar ao sistema de acionamento da figura 12, sendo que o diafragma 174 aciona o pistão 176 e a câmara de fluidos 178 é envolvida pelo invólucro 180 e pistão 176. O PTO para o atuador curvador 182 fica em seu centro.

A figura 18 mostra um sistema de acionamento fora do eixo similar ao sistema de acionamento da figura 13, sendo que o diafragma 186 aciona o pistão 188 e o ponto PTO para o atuador curvador 184 fica em seu perímetro.

A figura 18A ilustra uma modalidade de diafragma acionado por borda fora do eixo da presente invenção, que tem um invólucro 434, um dia-

fragma 430, uma massa de sintonização opcional 442, um atuador eletroativo anular 432 e grampos de aresta aguda anulares 438 e 440. A superfície superior do atuador 432 é fixada à borda ou perímetro do diafragma 430 através do conector 436. Quando o atuador 432 é energizado, o mesmo cria 5 uma força paralela ao eixo geométrico Z. Se a força estiver na direção -Z, então, o centro do diafragma 430 irá se mover na direção +Z. Igualmente, se a força estiver na direção +Z, então, o centro do diafragma 430 irá se mover na direção -Z.

Se o diafragma 430 for ativado pelo atuador 432 em uma freqüência  $f$  que fica abaixo dos modos ressonantes ordenados mais altos do diafragma 430, então, o diafragma irá responder ao oscilar em seu formato de modo axial fundamental na freqüência  $f$ . Se o diafragma 430 for acionado em uma freqüência  $f$  que fica próxima ou igual à freqüência de ressonância fundamental do sistema, então, a energia será armazenada na ressonância 10 de sistema e os deslocamentos do diafragma 430 irão aumentar de maneira proporcional à energia armazenada. A ressonância de sistema pode ser sintonizada usando a massa opcional 442. A massa 442 e o atuador 432 estão sempre se movendo em direções opostas, então, através da escolha das 15 massas corretas, as forças que as mesmas exercem sobre o invólucro 434 podem ser reduzidas ou canceladas reduzindo, deste modo, as vibrações e ruídos associados ao invólucro.

A modalidade da figura 18B, opera da mesma maneira que a modalidade da figura 18A, exceto pela adição de uma massa de reação anular 444 no atuador 445 para aprimorar a transferência de energia para o fluido. Como na modalidade da figura 18A, as massas da massa de sintonização 25 446, do atuador 445 e da massa de reação 444 podem ser escolhidas para reduzir ou cancelar as vibrações e ruídos associados ao invólucro. Muitos aprimoramentos e modificações podem ser feitos nas modalidades de 30 Ação de Reação da presente invenção e serão óbvios para aqueles versados na técnica. Por exemplo, os fios de atuador insustentáveis podem experimentar tensões excessivas devido à vibração do atuador. Uma solução para este problema é ilustrada a título de referência na figura 2. Os fios

do motor 20 podem ser unidos ao separador 18 e ao diafragma 16 seguindo, deste modo, uma trajetória completamente sustentada de volta para o alojamento 22 que é o aterramento mecânico. Outros atuadores também podem ser usados na presente invenção, tais como atuadores de magneto móvel e 5 atuadores de mola móveis.

#### Atuadores Mecanicamente Aterrados

Nas seguintes modalidades da presente invenção o atuador não flutua mas, em vez disso, é mecanicamente aterrado no alojamento do dispositivo fluídico.

#### 10 Acionamento Fora do Eixo

A figura 19 ilustra um desenho de atuador aterrado onde a superfície inferior de um atuador genérico 190 é fixada ao alojamento 192 e sua superfície superior é conectada ao separador 194 que, por sua vez, é resiliamente conectado ao diafragma 196. Uma massa de sintonização 198 é conectada ao centro do diafragma 196 e pode ser usada para ajustar a freqüência de ressonância de sistema. De acordo com os princípios de acionamento fora do eixo previamente explicados, uma pequena deflexão do atuador 190 irá resultar em uma grande deflexão no centro do diafragma 196, devido à amplificação do sistema. O fator de amplificação resultante 15 varia de maneira proporcional ao diâmetro do separador 194. Dentro do es- 20 copo da presente invenção qualquer tipo de atuador pode ser usado no sis- tema de distribuição de energia fluídica da figura 19.

O sistema de transferência de energia fluídica da figura 19 tam- bém terá uma freqüência de ressonância de sistema mecânico  $f_0 = 25 (I/2\pi)(K/M)^{1/2}$ , onde K = a dureza efetiva combinada do diafragma 16 e a du- reza das molas do fluido na câmara de fluidos 200, M = a massa móvel efe- tiva combinada do diafragma 196 e a massa de sintonização 198 e  $f_0$  refere- se à freqüência de ressonância de sistema que resulta na oscilação axial do diafragma 196 em seu formato de modo ordenado mais baixo. Para uma 30 previsão precisa da  $f_0$  o movimento do alojamento 192 deve ser levado em consideração. Os modelos numéricos análogos mecânicos e elétricos do elemento agregado e outros modelos podem ser usados para prever e/ou

avaliar a freqüência de ressonância fundamental do sistema fluídico da figura 19 ou de qualquer uma das modalidades da presente invenção.

Em operação, as vibrações do eixo geométrico Z do atuador 190 farão com que o diafragma 196 vibre transferindo, deste modo, a energia para o fluido dentro da câmara de fluidos 200. Para aumentar os deslocamentos de diafragma e a transferência de energia de fluido, um campo elétrico oscilante é aplicado ao atuador 190 que tem uma freqüência que fica próxima o bastante da freqüência de ressonância de sistema, de modo que a energia seja armazenada na ressonância de sistema que resulta nos deslocamentos de diafragma que são proporcionais à energia armazenada. Quanto mais próxima a freqüência de acionamento fica da freqüência de ressonância de sistema instantânea, maior a energia armazenada e maior a transferência de energia de fluido. As freqüências de acionamento que resultam na energia armazenada e as freqüências de acionamento que não resultam na energia armazenada se encontram dentro do escopo da presente invenção independente da particular modalidade.

A figura 20 utiliza o mesmo sistema de acionamento mostrado na figura 19 exceto pelo fato de que o diafragma 202 é usado para acionar o pistão 204. O resultado é uma amplificação mecânica, por meio da qual o deslocamento do pistão 204 é maior que o deslocamento do atuador 208. O fator de amplificação resultante varia de maneira proporcional ao diâmetro do separador 206. Os deslocamentos de pistão podem ser aumentados acionando-se o dispositivo em uma freqüência que armazena energia na ressonância de sistema.

A figura 21 ilustra um sistema de acionamento fora do eixo similar aquele da figura 19 onde o atuador aterrado é um motor VR anular. A amplificação mecânica do sistema libera o motor VR da necessidade de proporcionar grandes deslocamentos. Conseqüentemente, o motor VR pode manter pequenos vãos livres e, deste modo, altas eficiências eletromecânicas, conforme as previamente discutidas. A massa de reação opcional 212 pode ser usada para sintonizar a freqüência ressonante do sistema. O dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 21 opera da mesma

maneira que o dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 19.

A figura 22 ilustra outro sistema de acionamento fora do eixo que usa um atuador curvador aterrado 214 que é aterrado em seu centro por um stud 216 no invólucro 218. O perímetro do atuador curvador 214 é conectado 5 ao diafragma 220 através do separador anular 222. O fator de amplificação do sistema permite que o uso de atuadores curvadores com forças de deslocamento inferior muito altas e o fator de amplificação específico variem de maneira proporcional ao diâmetro do separador 206. O dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 22 opera da mesma maneira que o dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 19. A massa de reação 10 opcional 221 pode ser usada para sintonizar a freqüência ressonante do sistema.

A figura 23 ilustra outro sistema de acionamento fora do eixo que usa o atuador VR aterrado 224. As forças do atuador VR são transmitidas 15 para o diafragma 230 através do disco rígido 226 e do separador anular 228. O dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 23 opera da mesma maneira que o dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 19. A massa de reação opcional 231 pode ser usada para sintonizar a freqüência ressonante do sistema.

20 A figura 24 ilustra outro sistema de acionamento fora do eixo que usa um atuador eletroativo anular 232. A base do atuador 232 é aterrada no invólucro 236 através do anel de fixação 234 e a parte superior do atuador 232 é conectada de maneira resiliente ao diafragma 238 através do separador 240. O dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 24 opera 25 da mesma maneira que o dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 19. A massa de reação opcional 239 pode ser usada para sintonizar a freqüência ressonante do sistema.

A figura 25 ilustra um sistema de acionamento fora do eixo adicional que usa dois atuadores eletroativos anulares opostos 244 e 242 que 30 são energizados para aplicar forças similarmente direcionadas ao diafragma 246. De outro modo, o dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 25 opera da mesma maneira que o dispositivo de transferência de e-

nergia fluídica da figura 19. A massa de reação opcional 245 pode ser usada para sintonizar a freqüência ressonante do sistema.

A figura 26 ilustra um sistema de acionamento fora do eixo adicional que usa um atuador de bobina de voz aterrado 248 que tem uma seção de magneto permanente anular 250 que é mecanicamente aterrada em sua superfície inferior ao alojamento 253 e que tem uma seção de bobina de voz 252 conectada por molas 258 à seção magnética permanente 250. A superfície superior da seção de bobina de voz 252 é resistentemente conectada ao diafragma 256 através do separador anular 254. Quando a bobina de voz 257 é energizada com uma corrente alternada da freqüência  $f$ , então, as forças magnéticas resultantes fazem com que a seção de bobina de voz 252 vibre com relação à seção magnética permanente 250 que, por sua vez, faz com que o diafragma 256 também vibre na freqüência  $f$  transferindo, deste modo, a energia para o fluido dentro da câmara de fluidos 255. Se a freqüência de acionamento  $f$  ficar na ou próxima à freqüência de ressonância de sistema, então, os deslocamentos de diafragma 256 serão proporcionalmente maiores à energia armazenada na ressonância de sistema. A massa de reação opcional 249 pode ser usada para sintonizar a freqüência ressonante do sistema.

A figura 27 ilustra uma bomba acionada fora do eixo que tem um fole 258 que é fixado em torno de seu perímetro ao alojamento 266 através da mola macia 264. Os atuadores mecanicamente aterrados 260 e 262 são conectados de maneira resiliente ao fole 258 próximos ao seu perímetro, sendo que os ditos atuadores são energizados para aplicarem forças opostamente direcionadas ao fole 258 aumentando ou diminuindo, deste modo, o volume de fole 258 dependendo da direção das forças aplicadas. O diafragma superior 270 do fole 258 tem portas de saída 272 e o diafragma inferior 268 tem portas de entrada 274. Conforme previamente descrito, estas portas serão tipicamente cobertas com as válvulas de lingüeta que se abrem e fecham em resposta à alteração de pressão dentro do fole 258 e pode ser necessário que os materiais de válvula de lingüeta usados sejam maleáveis o bastante para manter uma vedação ao longo das portas apesar da flexão

dos diafragmas. Com relação à disposição das válvulas de lingüeta, as portas no diafragma superior 270 podem servir como portas de entrada ou portas de saída e, da mesma maneira, no diafragma inferior 268. Presume-se na figura 27 que a válvula de lingüeta de entrada seja instalada no diafragma inferior 268 e a válvula de lingüeta de saída seja instalada no diafragma superior 270.

Por uma questão de explicação, presume-se que os atuadores 260 e 262 sejam atuadores piezocerâmicos, embora qualquer um dos atuadores discutidos em conexão com a presente invenção possa ser alternativamente usado. Em operação, os atuadores 260 e 262 são energizados com um campo elétrico alternado de freqüência  $f$  e os deslocamentos cíclicos resultantes dos atuadores 260 e 262 fazem com que o volume do fole 258 varie na freqüência  $f$ . A pressão de variação de tempo resultante dentro do fole 258 fará com que o fluido seja puxado para dentro da porta 276 e dissipado a partir da porta 278. A massa de reação opcional 280 e 282 pode ser usada para sintonizar a freqüência ressonante do sistema. A operação do dispositivo da figura 27 na ou próxima à freqüência de ressonância de sistema irá resultar em deslocamentos de fole que se tornem maiores em proporção à energia armazenada no sistema.

Um desenho alternativo da bomba da figura 27 serve para substituir o atuador 262 com uma viga passiva que tem o mesmo formato. Embora o atuador restante possa proporcionar mais deslocamento para criar a mesma alteração métrica de volume dentro do fole 258, a bomba ainda pode ser operacional.

A figura 28 mostra outra bomba de acionamento fora do eixo que é operacionalmente similar à bomba da figura 27 exceto pela adição de dois pistões à disposição de fole pura da figura 27. de outro modo, a bomba da figura 28 opera da mesma maneira que a bomba da figura 27.

A figura 29 fornece uma variação para a bomba da figura 28, usando-se um motor VR para aplicar as forças opostas ao perímetro dos pistões/diafragmas individuais.

Acionamento por Grampo

Nas modalidades previamente descritas da presente invenção, as molas, o fole ou outros componentes fluídicos são tipicamente fixados ao corpo de alojamento e uma porção flexível da mola ou diafragma é acionada por um atuador. A diferença característica do acionamento por grampo é que

5 o atuador aciona o ponto de fixação da mola, diafragma ou outro componente fluídico. Por uma questão de definição, o ponto de grampo ou seção de grampo de um elemento de flexão é a parte que não pode ser dobrada ou flexionada devido ao grampo, no entanto, o ponto de fixação pode se mover geralmente com relação ao dispositivo alojamento.

10 Acionamento por Grampo Axial

A figura 30 ilustra uma modalidade de acionamento por grampo axial onde um dispositivo de transferência de energia de fluido tem um invólucro 300, um atuador eletroativo anular 302, um diafragma 304 e uma massa de sintonização opcional 306. A superfície superior do atuador 302 é mecanicamente aterrada no alojamento 300, a superfície inferior de um atuador 302 é fixada ao diafragma 304. A conexão entre o atuador 302 e o diafragma 304 compreende o ponto de fixação 303 do diafragma 304. Os deslocamentos de oscilação do atuador 302 ocorrem na mesma direção que os deslocamentos de oscilação do diafragma 304. Pretende-se que o tipo de atuador eletroativo seja escolhido, de modo que as vibrações de princípio do atuador 322 sejam axiais. Os deslocamentos de oscilação do ponto de fixação 303 são transferidos para o diafragma 304. Se a freqüência  $f$  dos deslocamentos de oscilação estiver abaixo dos modos ressonantes mais altos do diafragma, então, o diafragma irá responder através da oscilação em seu modo axial fundamental na freqüência  $f$ . Se a freqüência  $f$  estiver na ou próxima à ressonância fundamental de sistema, então, a energia será armazenada na ressonância de sistema e os deslocamentos do diafragma 304 irão aumentar de maneira proporcional à energia armazenada. A ressonância de sistema pode ser sintonizada usando a massa opcional 306. A modalidade da figura 31 opera de uma maneira similar à modalidade da figura 30 exceto pela adição de uma seção convoluta 307 do diafragma 308. A seção convoluta 307 adiciona flexibilidade axial ao diafragma 308 reduzindo-se sua dureza de

mola permitindo, deste modo, que o diafragma 308 atinja deslocamentos maiores. Outros aperfeiçoamentos de diafragmas que podem ser usados para aumentar um deslocamento do diafragma reduzindo-se sua dureza de mola incluindo, por exemplo, as autodenominadas "juntas vivas" (vide patente U.S. número 4.231.287).

Uma vez que os atuadores das figura s 30 e 31 irão sofrer alterações dimensionais do eixo geométrico X, Y e Z, a resiliência da fixação do atuador ao alojamento deve ser levada em consideração para evitar a limitação excessiva dos atuadores, como anteriormente discutido. Ademais, a 10 massa de sintonização do diafragma opcional pode ser usada nas modalidades das figuras 30 a 35 para sintonizar a ressonância de um sistema.

A figura 32 ilustra uma modalidade da bomba de acionamento por grampo axial onde fica fixado um atuador eletroativo anular 309 aos diafragmas 313 e 314 e também fica fixado ao alojamento de bomba 316 por 15 um anel de montagem flexível 315. Uma cunha anular 312 reduz o espaço morto dentro da câmara de compressão 317. Os deslocamentos vibratórios do atuador 309 estão na mesma direção que os deslocamentos dos diafragmas 313 e 314. A flexão do atuador 309 irá fazer com que os diafragmas 313 e 314 oscilem 180° defasados um com o outro.

20 A figura 32 A ilustra outra modalidade de acionamento por grampo axial que possui um atuador de relutância variável 319 para acionar o ponto de grampo do diafragma 318. O diafragma 318 é vedado em seu perímetro com uma vedação tipo fole flexível 323. De outro modo, a modalidade da 32A opera da mesma maneira que as modalidades das figuras 30 e 31.

25 Acionamento por Grampo Radial

Nas seguintes modalidades as forças exercidas sobre o ponto de grampo estão na direção radial.

A figura 33 ilustra uma modalidade de acionamento por grampo radial onde um dispositivo de transferência de energia de fluido possui um 30 invólucro 320, um atuador eletroativo anular 322, um diafragma 324 e uma massa de sintonização opcional 326. A superfície superior do atuador 322 é montada de forma resiliente ao alojamento 320 através de um suporte flexí-

vel 328 para permitir a flexão radial do atuador 322. O diafragma 324 é fixado à superfície inferior do atuador 322. Isso significa que o atuador tipo electroativo será selecionado de modo que as vibrações iniciais do atuador 322 sejam radiais. Os deslocamentos vibratórios radiais do atuador 322 irão criar 5 esforços de tração oscilantes no diafragma 324, que podem ser convertidos em vibrações de eixo geométrico Z do diafragma 324. O início desse processo de conversão radial em axial é assistido pelo fato de que o atuador 322 também vibra na direção de deslocamento do diafragma (ou seja, eixo geométrico Z), embora a amplitude de deslocamento axial possa ser menor 10 do que a amplitude de deslocamento radial. Os deslocamentos vibratórios radiais do atuador 322 na freqüência  $f$  podem resultar em deslocamentos vibratórios axiais do diafragma 324 na freqüência  $f$  ou  $f/2$  dependendo da construção do diafragma 324 (por exemplo, diafragma plano, diafragma arqueado pretendido, grau de rigidez axial e/ou radial e/ou não-linearidade, 15 etc.).

Se o diafragma 324 for excitado a uma freqüência  $f$  que está abaixo dos modos ressonantes de maior ordem do diafragma 324, então o diafragma irá responder mediante oscilação em seu modo de eixo geométrico Z fundamental na freqüência  $f$ . Se o diafragma 324 for excitado para oscilar axialmente em uma freqüência  $f$  que está próxima ou igual à freqüência de ressonância fundamental do sistema, então a energia será armazenada na ressonância do sistema e os deslocamentos do diafragma 324 irão aumentar proporcionalmente à energia armazenada. A ressonância do sistema pode ser sintonizada utilizando uma massa opcional 326.

25 As figuras 34 e 35 ilustram o uso de diafragmas convolutos com a finalidade de aumentar os deslocamentos de diafragma e, de outro modo, operar da mesma maneira que a modalidade na figura 33. Outros aumentos de diafragma que podem ser usados para aumentar o deslocamento do diafragma ao reduzir sua rigidez de mola incluem autodenominadas "dobradilhas vivas" (vide, Patente Nº U.S. 4.231.287).

Todas as modalidades das figuras 30 a 35 podem ser usadas para acionar um pistão secundário como mostrado em outras modalidades

da presente invenção, tais como, nas figuras 17 e 20.

A figura 36 ilustra outra modalidade do acionamento por grampo radial onde uma bomba 348 possui um alojamento de bomba 350 e um fole 364 que fica fixado em torno de seu perímetro ao alojamento 350 por meio de 5 uma mola anular macia 366. Os atuadores eletroativos 352 e 354 são rigidamente conectados ao perímetro do fole 364 com os ditos atuadores sendo energizados para aplicar forças radiais ao fole 364, assim, tanto aumentando como diminuindo o volume do fole 364 dependendo da direção radial das forças aplicadas. Isso significa que o atuador tipo eletroativo será selecionado de modo que as vibrações iniciais dos atuadores 352 e 354 sejam radiais. 10 O diafragma superior 358 do fole 258 possui portas de saída 360 e o diafragma inferior 356 do fole 364 possui portas de entrada 362. Como anteriormente descrito, essas portas serão tipicamente revestidas com válvulas de lingüeta que abrem e fecham em resposta à alteração de pressão dentro do 15 fole 364 e os materiais de válvula de lingüeta usados não precisam ser muito maleáveis para manter a vedação sobre as portas apesar da flexão dos diafragmas do fole. Com relação ao posicionamento das válvulas de lingüeta, as portas no diafragma superior 358 poderiam servir tanto como portas de entrada quanto como portas de saída e também com diafragma inferior 356. 20 Supõe-se que na figura 36 a válvula de lingüeta de entrada seja instalada no diafragma inferior 356 e a válvula de lingüeta de saída seja instalada no diafragma superior 358.

Em consideração à explicação, supõe-se que os atuadores 352 e 354 sejam atuadores piezocerâmicos embora qualquer atuador eletroativo 25 capaz de exercer forças radiais possa ser usado. Em operação, os atuadores 352 e 354 são energizados com um campo elétrico alternado de frequência  $f$  e os deslocamentos radiais cíclicos resultantes dos atuadores 352 e 354 fazem com que o volume do fole 364 varie na freqüência  $f$ . A pressão resultante que varia com o tempo dentro do fole 364 fará com que o fluido 30 seja atraído até a porta 368 e descarregado da porta 370. A massa opcional de reações poderia ser adicionada aos diafragmas de foles superiores e inferiores para sintonizar a freqüência ressonante do sistema.

A figura 37 mostra outra bomba de acionamento por grampo radial que é operativamente similar à bomba da figura 36 exceto pela adição de pistões 372 e 374 à disposição pura do fole da figura 36. De outro modo, a bomba da figura 37 opera da mesma maneira que a bomba da figura 36.

5 Nas figuras 33 a 37 todos os diafragmas podem ser montados dentro do diâmetro interno dos atuadores anulares embora isso possa requerer tolerâncias mais estreitas no diafragma e nas dimensões do atuador.

Acionamento Radial Flexível

A figura 37A ilustra uma modalidade de acionamento radial flexível da presente invenção. Um diafragma 502 possui um atuador eletroativo em forma de disco 504 fixado ao seu centro. O diafragma 502 é preso em torno de seu perímetro no grampo anular 508, que é, assim, fixado ao invólucro 500. A câmara de fluidos 506 é delimitada pelo diafragma 502, atuador 504, e invólucro 500. Em consideração a uma explicação funcional, supõe-se que o atuador 504 seja construído a partir de um material piezocerâmico, porém poderia ser sucessivamente construído a partir de inúmeros outros materiais eletroativos. A polarização do atuador 504 é tal que a aplicação da voltagem de polaridade determinada faz com que esse se expanda ou se contraia principalmente em sua dimensão radial.

20 Em operação, aplica-se uma voltagem alternada ao atuador 504. Os deslocamentos vibratórios radiais resultantes do atuador 504 geram esforços de tração radiais oscilantes dentro do diafragma 502 entre o atuador 504 e o grampo anular 508. Esses esforços de tração oscilantes são convertidos em vibrações de eixo geométrico Z do diafragma 502, com o atuador 25 504 que, naturalmente, se deslocam juntamente com as vibrações do eixo geométrico Z do diafragma 502. O início desse processo de conversão radial em axial é assistido pelo fato de que o atuador 504 também vibra na direção do deslocamento axial do diafragma, embora a amplitude de deslocamento axial do atuador possa ser menor do que a amplitude de deslocamento radial. Os deslocamentos vibratórios radiais do atuador 504 na freqüência  $f$  podem resultar em deslocamentos vibratórios do eixo geométrico Z do diafragma 502 na freqüência  $f$  ou  $f/2$  dependendo da construção do diafragma

502 (por exemplo, diafragma plano, diafragma arqueado protendido, grau de rigidez axial e/ou radial e/ou não-linearidade, etc.). Se a modalidade da figura 37 A for acionada em uma freqüência tal que o diafragma 502 oscile axialmente em uma freqüência  $f$  que está próxima ou igual à freqüência de 5 ressonância fundamental do sistema, então a energia será armazenada na ressonância do sistema e os deslocamentos do diafragma 502 irão aumentar proporcionalmente à energia armazenada.

10 A ligação entre o diafragma 502 e o atuador 504 pode fazer com que o atuador 504 e o diafragma 502 se flexionem levemente sobre a área da ligação exatamente como um atuador curvador unilaminar típico, com o formato de flexão sendo tanto côncavo como convexo dependendo da polaridade da voltagem aplicada. Com relação aos deslocamentos de eixo geométrico Z do diafragma 502, o atuador 504 irá atuar como um pistão, de maneira similar às outras modalidades da presente invenção que possuem pistões com partes circundantes flexíveis.

15 A figura 37B ilustra outra modalidade de bomba de acionamento radial flexível da presente invenção. Um diafragma 512 possui um atuador eletroativo em forma de disco 510 fixado ao seu centro. O diafragma 512 é preso em torno de seu perímetro no grampo anular 514 que é, assim, fixado ao invólucro 516. O atuador 510 possui portas de entrada 520 e invólucro 516 como portas de saída 522. Como em outras modalidades da presente invenção, as portas de entrada 520 e portas de saída 522 serão equipadas com válvulas de lingüeta ou outros tipos de válvulas, conforme apropriado. A câmara de fluidos 518 é delimitada pelo diafragma 512, atuador 510, e invólucro 516. Em consideração a uma explicação funcional, supõe-se que o atuador 510 seja construído a partir de um material piezocerâmico, porém poderia ser sucessivamente construído a partir de inúmeros outros materiais eletroativos. A polarização do atuador 510 é tal que a aplicação de uma voltagem de polaridade determinada faz com que esse se expanda ou se contraia principalmente em sua dimensão radial.

20 Em operação, uma voltagem alternada é aplicada ao atuador 510. Os deslocamentos vibratórios radiais resultantes do atuador 510 geram

esforços de tração radiais oscilantes dentro do diafragma 512 entre o atuador 510 e o grampo anular 514. Esses esforços de tração oscilantes são convertidos em vibrações de eixo geométrico Z do diafragma 512, com o atuador 510 que, naturalmente, se deslocam juntamente com as vibrações 5 do eixo geométrico Z do diafragma 512. O início desse processo de conversão radial em axial é assistido pelo fato de que o atuador 510 também vibra na direção do deslocamento axial do diafragma, embora a amplitude de deslocamento axial do atuador possa ser menor do que a amplitude de deslocamento radial. Os deslocamentos vibratórios radiais do atuador 510 na freqüência  $f$  podem resultar em deslocamentos vibratórios do eixo geométrico Z do diafragma 502 na freqüência  $f$  ou  $f/2$  dependendo da construção do diafragma 512 como anteriormente discutido. As oscilações axiais do diafragma 512 e atuador 510 farão com que o fluido seja atraído até a porta 524 e descarregado da porta 526. Se a modalidade da figura 37B for acionada 10 15 em uma freqüência tal que o diafragma 512 oscile axialmente em uma freqüência  $f$  que está próxima ou igual à freqüência de ressonância fundamental do sistema, então a energia será armazenada na ressonância do sistema e os deslocamentos do diafragma 502 irão aumentar proporcionalmente à energia armazenada.

20 A figura 37C ilustra uma modalidade adicional da bomba de açãoamento radial flexível da presente invenção. Um primeiro diafragma 536 possui um atuador eletroativo em forma de disco 534 fixado ao seu centro e é fixado em torno de seu perímetro à cunha anular 544, que sucessivamente é fixado ao invólucro 546. Um segundo diafragma 538 possui um atuador 25 eletroativo em forma de disco 532 fixado ao seu centro e é fixado em torno de seu perímetro à cunha anular 544. Os diafragmas 528 e 530 são proporcionados com respectivas portas de saída 536 e portas de entrada 538, esses poderiam ser tipicamente equipados com válvulas de lingüeta ou outros tipos de válvulas, como apropriado. Os primeiro e segundo diafragmas e 30 respectivos atuadores operam da mesma maneira que as modalidades das figuras 37A e 37B gerando a oscilação da câmara de fluidos 548, que sucessivamente faz com que o fluido seja atraído até a porta de entrada 540 e

descarregado da porta 542.

A figura 37D ilustra uma modalidade adicional da bomba de açãoamento radial flexível da presente invenção que possui um fole 550 e atuadores de flexão radial duplos 552 e 554. A modalidade da figura 37E 5 opera de maneira similar à modalidade da figura 37D exceto por sua operação linear em vez da operação não-paramétrica. Entretanto, uma certa performance de bombeamento pode ser obtida com uma freqüência de açãoamento paramétrica.

A figura 37E ilustra uma modalidade adicional do açãoamento 10 radial flexível da presente invenção onde um diafragma radial flexível 556, cuja operação foi anteriormente descrita, acionam um pistão secundário 558 que possui uma parte circundante flexível. O diafragma radial flexível 556 poderia ser substituído por uma mola longitudinal flexível 560 que possui um atuador eletroativo retangular 562 ligado a essa. Inúmeras outras topologias 15 de mola também poderiam ser usadas.

Outra modalidade do açãoamento radial flexível poderia servir para ensanduichar o diafragma radial flexível 556 ou mola longitudinal flexível 560 da figura 37E entre duas metades de um fole, tais como, as metades 20 358 e 356 dos foles 364 na figura 36. Os elementos radiais flexíveis ou longitudinais flexíveis poderiam aplicar forças radiais oscilantes ao perímetro do fole, assim, fazendo com que o volume do fole oscile com o fole que é aplicável a inúmeras modalidades da presente invenção. No caso de orifícios ou saídas de ar de diafragma serem necessários no diafragma para permitir que 25 o fluido flua através do fole. As seções convolutas podem ser adicionadas aos diafragmas das modalidades das figuras 37A, 37B e 37C.

#### Açãoamento por Borda

A figura 38 ilustra uma modalidade de diafragma açãoado por borda da presente invenção, que possui um invólucro 380, um diafragma 386, uma massa de sintonização opcional 388, um atuador eletroativo anular 30 382 e gramos de aresta aguda anulares 390 e 392. A superfície inferior do atuador 382 é fixada ao invólucro 380. A superfície superior dos atuadores 382 é fixada à borda, ou perímetro, do diafragma 386 através de um conec-

tor 384. Quando o atuador 382 for energizado esse cria uma força paralela ao eixo geométrico Z. Se a força estiver na direção -Z, então o centro do diafragma 386 irá se mover na direção +Z. Também, se a força estiver na direção +Z, então o centro do diafragma 386 irá se mover na direção -Z.

5 Se o diafragma 386 for excitado pelo atuador 382 em uma freqüência  $f$  que está abaixo dos modos ressonantes de maior ordem do diafragma 386, então o diafragma irá responder mediante oscilação em seu modo axial fundamental na freqüência  $f$ . Se o diafragma 386 for acionado em uma freqüência  $f$  que está próxima ou igual à freqüência de ressonância 10 fundamental do sistema, então a energia será armazenada na ressonância do sistema e os deslocamentos do diafragma 386 irão aumentar proporcionalmente à energia armazenada. A ressonância do sistema pode ser sintonizada utilizando uma massa opcional 388.

15 A modalidade da figura 39 opera da mesma maneira que a modalidade da figura 38, exceto pela adição de um segundo atuador eletroativo 394. As forças geradas pelo atuador 394 estarão na mesma direção que as forças geradas pelo atuador 382 da figura 38.

20 Na figura 40 a disposição acionada por borda da figura 38 é usada para acionar um pistão 396. A amplificação mecânica criada pelo diafragma 398 resulta em deslocamentos de pistão 396 que são maiores do que os deslocamentos do atuador 400. Dentro do escopo da presente invenção, o diafragma 398 poderia ser substituído por uma mola de lâminas simples ou inúmeros outros desenhos do tipo mola e materiais capazes de se flexionar e fornecer amplificação mecânica.

25 A modalidade da figura 40A opera da mesma maneira que a modalidade da figura 38 exceto pelo fato de que o atuador eletroativo da figura 38 foi substituído pelo atuador de relutância variável 450. A armação 399 do atuador 450 e a massa do diafragma 397 estão sempre se movendo em direções opostas, selecionando assim as massas corretas as forças exercidas 30 sobre o invólucro podem ser reduzidas ou eliminadas, reduzindo então as vibrações do invólucro e o ruído resultante.

A presente invenção pode usar atuadores unilaminares piezoce-

râmicos que são protendidos, tais como, os Atuadores Thunder desenvolvidos pela NASA e abrangidos pelas Patentes U.S. 5.632.841 e 6.734.603. A presente invenção também pode usar curvadores unilaminares ou polilaminares simples que são planos e não são protendidos e em muitos casos esses atuadores são preferidos visto que a presente invenção não requer grandes deslocamentos piezo, porém de preferência, são projetados para usar atuadores com pequeno deslocamento e alta força. (Um curvador piezo unilaminar é tipicamente construído de uma placa de piezocerâmica unida a um substrato de folha metálica.) Os unilaminares laminares simples possuem ainda a vantagem que seu custo de fabricação é bastante baixo quando comparado com atuadores protendidos. Outra vantagem de se utilizar os unilaminares de baixo deslocamento piezo é que cerâmicas "mais duras" podem ser usadas para oferecer eficiências de transdução eletromecânica muito maiores quando comparadas com as cerâmicas mais macias que devem ser usadas em curvadores de alto deslocamento. Essas cerâmicas mais duras são particularmente mais eficazes do que as cerâmicas mais macias acima de 100Hz. A operação em freqüências maiores é particularmente desejada por bombas pequenas e compressores para proporcionar altas taxas de fluxo em uma pequena embalagem, devido ao grande número de ciclos de bombeamento por segundo.

#### Acionamento de Cargas Acústicas Ressonantes

Os dispositivos de transferência de energia fluídica da presente invenção também pode ser usados para acionar cargas acústicas ressonantes de alta potência, tais como, compressores acústicos e motores termoacústicos. As Patentes Nos. U.S. 5.515.684, 5.319.938, 5.579.399, 6.230.420 descrevem os princípios do projeto de ressonadores acústicos de alta densidade energética, os formatos do ressonador específico e as aplicações de ressonadores acústicos de alta densidade energética, cujos conteúdos estão incorporados aqui a título de referência em sua totalidade.

A figura 41 ilustra o uso da presente invenção em ondas estacionárias longitudinais de acionamento dentro do ressonador. Um dispositivo de transferência de energia fluídica 400 da presente invenção é rigidamente

conectado à ampla extremidade e ao ressonador 402. O dispositivo de transferência de energia 400 possui um pistão e/ou diafragma 404 que é acionado para vibrar em um determinado modo acústico longitudinal do ressonador 402, como bem-conhecido na técnica e como descrito nas referências de 5 patente acima. Qualquer uma das modalidades da presente invenção podem ser usadas para vibrar o diafragma e/ou pistão do dispositivo de transferência de energia 400. O dispositivo de transferência de energia 400 pode possuir tanto um diafragma puro, tal como, na figura 3 como uma parte circundante flexível, tal como, na figura 20 e inúmeros atuadores diferentes pode 10 ser usados. Os diafragmas duplos, tais como, na figura 32, também podem ser usados para acionar os modos radiais, onde a câmara de fluidos 317 pode servir como o ressonador acústico. Os dois diafragmas podem transferir mais energia formando a onda estacionária acústica. Para aplicações aos compressores acústicos as portas nos diafragmas 313 e 314 da figura 32 15 podem ser movidas mais próximas ao centro para tirar vantagens das amplitudes acústicas maiores.

A figura 42 ilustra o uso da presente invenção em ondas estacionárias radiais dentro de um ressonador acústico. Um dispositivo de transferência de energia fluídica 406 da presente invenção é rigidamente conectado ao ressonador radial 410. O espaço preenchido por fluido dentro do ressonador 410 é delimitado pelo pistão/diafragma 408 e o ressonador 410 que possui um diâmetro  $D$  e uma altura  $h$  que varia de forma simétrica com  $R$ , com  $h_{max}$  em  $r = D/2$  e  $h_{min}$  em  $r = 0$ . O dispositivo de transferência de energia 406 possui um pistão/diafragma 408, que é acionado para vibrar em 20 uma determinada freqüência de modo acústico radial do ressonador 402. A melhor transferência de energia irá ocorrer quando aciona-se o modo radial de menor ordem. Qualquer modalidade da presente invenção pode ser usada para vibrar o diafragma/pistão do dispositivo de transferência de energia 406. O dispositivo de transferência de energia 406 pode possuir tanto um 25 diafragma puro, tal como, na figura 3 como um pistão com uma parte circundante flexível, tal como, na figura 20 e inúmeros atuadores diferentes podem ser usados. Conforme descrito na Patente U.S. 5.515.684, o formato de um 30

ressonador acústico pode ser usados para suprimir a formação de choque acústico e promover altas densidades de energia e grandes amplitudes de pressão acústica. O formato do ressonador 410 tenderá a reduzir as perdas termoacústicas associadas com uma determinada amplitude de pressão acústica medida em  $r = 0$ . Se o dispositivo de transferência de energia fluídica da figura 42 for convertido em um compressor acústico, então as válvulas do compressor podem ficar localizadas no centro para tirar vantagem das maiores amplitudes de pressão acústica. Muitos outros formatos de ressonador podem ser usados e serão determinados pela aplicação particular, como bem-conhecido na técnica.

A figura 43 ilustra o ressonador acústico plano 414 que é acionado por um dispositivo de transferência de energia fluídica 412 da presente convenção. O ressonador 414 é projetado para sustentar ondas estacionárias longitudinais. As maiores amplitudes de pressão acústica irão ocorrer na extremidade pequena 416, que é onde as válvulas de compressor podem ser colocadas se o ressonador 414 for usado como um compressor acústico. Os múltiplos dispositivos de transferência de energia fluídica podem ser colocados tanto ao lado como ao longo do comprimento do ressonador 414 para aumentar a entrada de energia.

Um dos desafios para miniaturizar os compressores acústicos é o desenho de um atuador que pode proporcionar a energia necessária para aplicações práticas. Quando adaptada aos pequenos ressonadores acústicos de acionamento, a presente invenção proporciona atuadores de baixo custo e alta potência para reduzir os compressores acústicos e para muitas outras aplicações de pequenos ressonadores acústicos.

#### Jatos Sintéticos Ressonantes

Quando acionados pela presente invenção, ou qualquer modalidade do Pedido PCT Nº PCT/US2005/046557, os ressonadores acústicos podem ser usados para aumentar a performance de fluxo dos jatos sintéticos. Por exemplo, a figura 44 ilustra um jato sintético acusticamente ressonante que possui um ressonador acústico radial 420 acionado por um dispositivo de transferência de energia fluídica 422 da presente invenção como

descrito na modalidade da figura 42. Uma porta de jato sintético 426 fica localizada no centro 424 do ressonador 420. Os altos níveis de energia que podem ser armazenados na ressonância acústica irão resultar em grandes oscilações de pressão, que sucessivamente podem produzir grandes fluxos 5 oscilantes através da porta 426. Esses grandes fluxos oscilantes irão criar um fluxo de jato pulsante fora do ressonador 420 como bem-conhecido na técnica.

Um ressonador, tipo aquele mostrado na figura 41, pode ser usados como um jato sintético ressonante ao deixar a garganta 405 aberta. 10 Mediante excitação de um modo de onda estacionária longitudinal, fluxos oscilantes muito grandes podem ser estabelecidos na garganta 405. Tipicamente os modos longitudinais de menor ordem irão proporcionar o maior fluxo de jato pulsante externo. Um ressonador tipo aquele mostrado na figura 41, que mede aproximadamente 27,94 cm (11 polegadas) de comprimento, 15 proporcionou fluxos de jato medidos de mais de 100 CFM a aproximadamente 800 Hz. Outro ressonador tipo aquele mostrado na figura 41, que mede aproximadamente 6,35 cm (2,5 polegadas) de comprimento, proporcionou fluxos de jato medidos de mais de 5 CFM a aproximadamente 4000 Hz a cerca de 2,7 CFM/Watt e pode proporcionar fluxos maiores se mais energia 20 for aplicada. O ressonador da figura 43 pode proporcionar resultados similares se sua garganta 418 for aberta. Inúmeras portas de jato sintético podem ser colocadas em inúmeros locais em torno da superfície externa de um ressonador acústico, sendo que todos estão considerados dentro do escopo da presente invenção.

25 Embora a presente invenção permita a miniaturização dos dispositivos de transferência de energia fluídica, o escopo da presente invenção não se limita de forma alguma às modalidades de nenhum tamanho determinado. A presente invenção pode ser ampliada além da faixa de tamanho médio e reduzida abaixo da faixa de tamanho MEMS. Várias modalidades e 30 aprimoramentos da presente invenção são descritos aqui e os versados na técnica irão levantar a possibilidade de usar muitas combinações diferentes dessas modalidades e aprimoramentos. Todas as diversas combinações

dessas modalidades serão determinadas pelas exigências de uma determinada aplicação e estão consideradas dentro do escopo da presente invenção. Por exemplo, o número de válvulas usadas, com molas de estabilidade axial adicionadas ou não são requeridos, o uso de um ou dois diafragmas, 5 molas ou diafragmas de acionamento de atuadores que sucessivamente a- cionam pistões, o número de atuadores usados em um único dispositivo, sejam os controles necessários ou não, os tipos de métodos usados para unir os componentes, o tipo de atuador usado em uma determinada modalida- 10 dade, os tipos de vedações usadas, e o uso de bombas em série ou parale- las serão determinados pela performance e exigências de custo de uma de- terminada aplicação.

Outros exemplos de modalidades dentro do escopo da presente invenção que irão ocorrer aos versados na técnica podem ser colocar um único atuador curvador (ou outro atuador) entre dois diafragmas fluídicos de 15 costas um para o outro ou pistões com cada diafragma ou pistão possuindo sua própria câmara de compressão para acionar os dois diafragmas ou pis- tões com o único atuador em uma configuração equilibrada. Tornar-se-á ób- vio para os versados na técnica utilizar ambos os lados de um diafragma ou pistão para formar câmaras de compressão separadas e preparar aquelas 20 câmaras de compressão com válvulas sobre o diafragma que permitem que o fluido passe de uma câmara para outra. Também, as massas de reação de diafragma ilustradas aqui são mostradas como discos localizados no centro do diafragma, porém podem tomar diversas outras formas e podem ser mon- tadas fora do centro, tal como no caso de uma massa anular. Ademais, mui- 25 tos tipos de compressor e/ou válvulas de bomba podem ser usados na pre- sente invenção. Por exemplo, o pistão ou diafragma móvel de uma determi- nada modalidade pode ser usado para atuar as válvulas de entrada e saída, tal como, no caso de uma válvula de eixo deslizante, que poderia deslizar em uma porta e abrir e fechar de forma cíclica uma porta de entrada ou saí- 30 da. As bombas da presente invenção podem ser ampliadas ou reduzidas e podem ser usadas em sistemas de ciclo fechado bem como sistemas de ci- clo aberto conforme será avaliado pelo versado na técnica.

A presente invenção pode usar atuadores bilaminares piezoce-râmicos que são protendidos, tais como, os Atuadores Thunder desenvolvidos pela NASA que resultam nas Patentes U.S. 5.632.841 e 6.734.603. A presente invenção também pode usar bilaminares simples que são planos e

5 não possuem pré-tensão e em muitos casos esses atuadores são preferidos visto que a presente invenção não requer grandes deslocamentos de atua-dor, porém é de preferência desenhada para usar atuadores de pequeno deslocamento e alta força. Os bilaminares simples possuem a vantagem a-dicional que seu custo de fabricação é bastante baixo comparado com atua-

10 dores protendidos.

Todas as modalidades de transferência de energia fluídica da presente invenção também podem ser usadas para acionar os pistões con-vencionais com vedações deslizantes e aplicados a bombas, compressores e as muitas outras aplicações fluídicas. Entretanto, deve-se tomar cuidado 15 para garantir que as perdas imaginárias das vedações deslizantes não sejam excessivas, visto que isso poderia reduzir a eficiência de energia do dis-positivo.

As modalidades da presente invenção podem ser acionadas em qualquer freqüência dentro do escopo da presente invenção. Embora as 20 vantagens de performance possam ser proporcionadas ao operar a presente invenção em freqüências de acionamento que são iguais ou próximas à res-sonância do sistema, o escopo da presente invenção não se limita à proxi-midade da freqüência de acionamento e à freqüência de ressonância do sis-tema. Quando as freqüências de acionamento estão próximas o suficiente à 25 ressonância do sistema aquela energia é armazenada na ressonância, então as amplitudes de deslocamento do diafragma e/ou pistão irão aumentar pro-porcionalmente à energia armazenada. Quanto mais próxima a freqüência de acionamento estiver à freqüência de ressonância instantânea do sistema, mais energia será armazenada, maior será o deslocamento do pistão e/ou 30 diafragma e maior será a transferência de energia fluídica. A operação da presente invenção, tanto com quanto sem energia armazenada, é con-siderada dentro do escopo da presente invenção.

Também deve ser entendido que os diafragmas da presente invenção podem ser feitos de muitos materiais diferentes, tais como, metais, plásticos ou elastômeros. Se os diafragmas ou materiais de circundam o pistão se comportarem como placas ou membranas dependendo dos materiais usados e dos desvios requeridos por uma determinada aplicação e todos esses materiais e seus comportamentos são considerados dentro do escopo da presente invenção. Ademais, diversos formatos de pistão podem ser usados para proporcionar vantagens diferentes. Por exemplo, para proporcionar pistões leves, formatos cônicos de pistão podem ser usados para aumentar a rigidez enquanto utiliza-se materiais leves e mais finos. Nesse caso, a câmara de compressão também pode possuir um formato cônicoo para receber o pistão cônicoo evitando, assim, espaços mortos excessivos. Muitos outros formatos de pistão geométricos poderiam ser usados para proporcionar vantagens similares, todos esses serão evidentes aos versados na técnica. Deve ser entendido que em muitas modalidades da presente invenção os diafragmas podem ser substituídos por pistões e os pistões podem ser substituídos por diafragmas, que serão evidentes por um versado na técnica.

O Pedido PCT Nº PCT/US2005/046557, que foi incorporado a título de referência, descreve modalidades adicionais, aplicações, controladores e esquemas de controle e quaisquer combinações dessas modalidades com a presente invenção serão evidentes a um versado na técnica e são considerados dentro do escopo da presente invenção. As aplicações da presente invenção para transferir energia cinética, energia de pressurização e energia acústica a fluidos poderiam incluir, por exemplo, compressão, bombeamento, mistura, atomização, jato sintéticos, medição de fluido, amostragem, amostragem de ar para agentes de guerra biológica, jatos de tinta, filtração, ou alterações físicas de acionamento devido às reações químicas, ou outras alterações de material em particulados suspensos, tal como, pulverização ou aglomeração, ou uma combinação desses processos, para citar alguns. As aplicações para modalidades de bomba e compressor da presente invenção incluem MEMs e bombas e compressores mesodimensionados para micro-células de combustível em dispositivos eletrônicos portáteis,

tais como, dispositivos de computação portáteis, PDAs e telefones celulares; sistemas de administração térmica independentes que podem se adaptar a um cartão circuito e proporcionar resfriamento para microprocessadores e outra eletrônica de semicondutores; e dispositivo médicos pessoais portáteis

5 para pacientes de ambulatório.

A descrição anterior de algumas modalidades da presente invenção foi apresentada para propósitos de ilustração e descrição. Nos desenhos fornecidos, os subcomponentes de modalidades individuais fornecidos aqui não estão necessariamente em proporção uns aos outros, levando em

10 consideração a clareza funcional. Em um produto real, as proporções relativas dos componentes individuais são determinadas por desenhos de engenharia específicos. As modalidades proporcionadas aqui não pretendem ser exaustivas ou limitar a invenção a uma forma precisa descrita, e obviamente muitas modificações e variações são possíveis devido à instrução acima. As

15 modalidades foram selecionadas e descritas para explicar da melhor maneira os princípios da invenção e sua aplicação prática de modo a permitir que outros versados na técnica utilizem melhor a invenção em várias modalidades e com várias modificações adaptadas ao uso particular contemplado. Embora a descrição acima contenha muitas especificações, essas não de-

20 vêm ser interpretadas como limitações do escopo da invenção, porém, de preferência, como uma exemplificação das modalidades alternativas dessa.

## REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de transferência de energia fluídica, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma 5 porção da câmara compreende uma porção móvel em relação à outra porção da câmara, sendo que a porção móvel é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume através do movimento da porção móvel; e

10 um atuador de relutância variável fixado à porção móvel; em que o atuador de relutância variável é ao menos (i) diretamente conectado à porção móvel e (ii) ligado à porção móvel, de modo a formar uma montagem de porção móvel do atuador;

15 em que o atuador de relutância variável não é efetivamente conectado nem ligado a nenhum outro componente do dispositivo que não seja a porção móvel; e

em que a montagem de porção móvel do atuador é adaptada para se mover substancialmente apenas devido à oscilação do atuador em uma freqüência de acionamento.

20 2. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, em que o atuador é acionado em uma freqüência de forma que armazene energia na ressonância do sistema de tal modo que os deslocamentos da porção móvel aumentem proporcionalmente em relação à energia armazenada.

25 3. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, em que o atuador é conectado com elasticidade a um componente do dispositivo que seja separado da porção móvel.

30 4. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, em que uma folga do atuador de relutância variável é adaptada para oscilar em uma amplitude e freqüência de deslocamento de tal modo que o atuador e a porção móvel se movam entre uma primeira posição e uma segunda posição substancialmente apenas devido ao deslocamento do atuador, e onde a distância entre a primeira posição e a segunda posição é maior que a amplitude de deslocamento da folga do atuador.

5. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, em que a porção móvel compreende um diafragma.

6. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 1, em que a porção móvel compreende um pistão com uma parte circundante flexível.

5 7. Bomba, que compreende:

o dispositivo, como definido na reivindicação 1;

uma porta de entrada de fluidos em comunicação fluida com a câmara; e

uma porta de saída de fluidos em comunicação fluida com a câmara;

10

em que o dispositivo é adaptado para atrair fluidos para dentro da câmara através da porta de entrada durante o movimento da porção móvel de tal modo que aumente o volume da câmara, e

15 em que o dispositivo é adaptado para expelir fluidos para fora da câmara através da porta de saída durante o movimento da porção móvel de tal modo que diminua o volume da câmara.

8. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 1, que compreende, ainda:

20 uma abertura na câmara que permite ao fluido entrar e sair da câmara, em que a oscilação do fluido através da dita abertura cria um jato sintético.

9. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 1, em que a câmara porção móvel compreende um fole.

25 10. Dispositivo de transferência de energia fluídica, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção móvel relativa à outra porção da câmara, sendo que a porção móvel é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume através do movimento da porção móvel; e

30 um atuador eletroativo fixado à porção móvel;

em que o atuador eletroativo é ao menos (i) diretamente conec-

tado à porção móvel e (ii) ligado à porção móvel, de modo a formar uma montagem de porção móvel do atuador;

em que o atuador eletroativo não é efetivamente conectado nem ligado a nenhum outro componente do dispositivo que não seja a porção móvel; e

em que a montagem de porção móvel do atuador é adaptada para se mover substancialmente apenas devido à oscilação do atuador em uma freqüência de acionamento.

11. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 10, em que o atuador é acionado em uma freqüência de forma que armazene energia na ressonância do sistema de tal modo que os deslocamentos da porção móvel aumentem proporcionalmente em relação à energia armazenada.

12. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 10, em que uma massa de reação é fixada ao atuador eletroativo.

13. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 10, em que a porção móvel compreende um diafragma.

14. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 10, em que a porção móvel compreende um pistão dotado de uma parte circundante flexível.

15. Bomba, que compreende:  
dispositivo, de acordo com a reivindicação 10;  
uma porta de entrada de fluidos em comunicação fluida com a câmara; e  
uma porta de saída de fluidos em comunicação fluida com a câmara;

em que o dispositivo é adaptado para atrair fluidos para dentro da câmara através da porta de entrada durante o movimento da porção móvel de tal modo que aumente o volume da câmara, e

30 em que o dispositivo é adaptado para expelir fluidos para fora da câmara através da porta de saída durante o movimento da porção móvel de tal modo que diminua o volume da câmara.

16. Dispositivo de transferência de energia fluídica, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação à outra

5 porção da câmara de tal modo que um ponto máximo de deflexão na porção flexível proporcione deslocamentos maiores que quaisquer outros pontos na porção flexível, sendo que a porção flexível é adaptada a alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a porção flexível;

10 um atuador gerador de força fixado à porção flexível em um ponto que não seja o ponto máximo de deflexão;

em que o atuador gerador de força é acionado (i) diretamente conectado à porção móvel e (ii) ligado à porção flexível, de modo a formar uma montagem de porção móvel do atuador;

15 em que o atuador eletroativo não é efetivamente conectado nem ligado a nenhum outro componente do dispositivo que não seja a porção flexível; e

onde a montagem de porção móvel do atuador é adaptada para se mover substancialmente apenas devido à oscilação do atuador em uma 20 freqüência de acionamento.

17. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 16, em que o atuador é acionado em uma freqüência de forma que armazene energia na ressonância do sistema de tal modo que os deslocamentos da porção flexível aumentem proporcionalmente em relação à energia armazenada.

25 18. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 16, em que a porção flexível compreende um diafragma.

19. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 16, em que o diafragma compreende, ainda, uma seção de pistão central que se torna o ponto máximo de deflexão.

30 20. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 16, em que a porção flexível compreende um fole tendo ao menos uma seção de fole.

21. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 20, em que o fole compreende, ainda, uma seção de pistão central que se torna o ponto máximo de deflexão.

5 22. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 16, em que o dito atuador gerador de força compreende um atuador curvador.

23. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 16, em que o dito atuador gerador de força compreende um atuador de relutância variável.

10 24. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 16, em que o dito atuador gerador de força compreende um atuador eletroativo sólido.

25. Bomba, que compreende:

o dispositivo, como definido na reivindicação 16;

15 uma porta de entrada de fluidos em comunicação fluida com a câmara; e

uma porta de saída de fluidos em comunicação fluida com a câmara;

20 em que o dispositivo é adaptado para atrair fluidos para dentro da câmara através da porta de entrada durante o movimento da porção móvel de tal modo que aumente o volume da câmara, e

em que o dispositivo é adaptado para expelir fluidos para fora da câmara através da porta de saída durante o movimento da porção móvel de tal modo que diminua o volume da câmara.

25 26. Dispositivo de transferência de energia fluídica, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara, sendo que a porção flexível é adaptada a alterar

30 o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a porção flexível; e

um grampo de pivô que fixa a porção flexível ao redor de um

circuito fechado da porção flexível dividindo, assim, a porção flexível em 2 seções que compreendem uma seção interna dentro do circuito fechado e uma seção externa fora do circuito fechado, sendo que o grampo de pivô permite que a seção externa e a seção interna girem ao redor do grampo de pivô, de tal modo que os deslocamentos das seções interna e externa estejam em direções opostas, e

ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à seção externa da porção flexível;

10 em que o atuador gerador de força é ao menos (i) diretamente conectado à porção móvel e (ii) ligado à porção flexível, de modo a formar uma montagem de porção móvel do atuador;

em que o atuador gerador de força não é efetivamente conectado nem ligado a nenhum outro componente do dispositivo que não seja a seção externa da porção flexível; e

15 em que a montagem de porção móvel do atuador é adaptada para se mover substancialmente apenas devido à oscilação do atuador em uma freqüência de acionamento.

27. Dispositivo de transferência de energia fluídica, que compreende:

20 uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara de tal modo que um ponto máximo de deflexão na porção flexível na primeira porção flexível proporcione deslocamentos maiores que quaisquer outros pontos na primeira porção flexível, sendo que 25 a primeira porção flexível é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a primeira porção flexível; e

30 ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à porção flexível em um ponto que não seja o ponto máximo de deflexão e um ponto de fixação à segunda porção da câmara;

em que o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre a porção flexível da câmara e a segunda porção da câmara com altera-

ções correspondentes no volume da câmara; e

em que o deslocamento de pico resultante do ponto máximo de deflexão é maior que o deslocamento do atuador gerador de força.

28. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 27, em que o atuador é acionado em uma freqüência de forma que armazene energia na ressonância do sistema de tal modo que os deslocamentos da primeira porção móvel aumentem proporcionalmente em relação à energia armazenada.

29. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 27, em que o atuador gerador de força compreende um atuador curvador.

30. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 27, em que o atuador gerador de força compreende um atuador de relutância variável.

31. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 27, em que o atuador gerador de força compreende um atuador eletroativo.

32. Bomba, que compreende:  
o dispositivo, como definido na reivindicação 27;  
uma porta de entrada de fluidos em comunicação fluida com a câmara; e

uma porta de saída de fluidos em comunicação fluida com a câmara;

em que o dispositivo é adaptado para atrair fluidos para dentro da câmara através da porta de entrada durante o movimento da porção flexível de tal modo que aumente o volume da câmara, e

em que o dispositivo é adaptado para expelir fluidos para fora da câmara através da porta de saída durante o movimento da porção flexível de tal modo que diminua o volume da câmara.

33. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 27, que compreende, ainda:

a segunda porção da câmara que compreende uma segunda porção flexível da câmara móvel em relação à primeira porção flexível da

câmara, de tal modo que um ponto máximo de deflexão na segunda porção flexível proporcione deslocamentos maiores que quaisquer outros pontos na segunda porção flexível, e

o atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à segunda porção flexível em um ponto que não seja seu ponto máximo de deflexão,  
5 em que o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre as primeiras e segundas porções flexíveis da câmara resultando, assim, em deslocamentos de pico entre os pontos máximos de deflexão das primeiras e segundas porções flexíveis da câmara, que são maiores que o deslocamento do atuador gerador de força.  
10

34. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 33, em que a primeira porção flexível compreende um primeiro pistão com uma parte circundante flexível, e a segunda flexível compreende um segundo pistão com uma parte circundante flexível.

15 35. Dispositivo de transferência de energia fluídica, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma primeira porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara, sendo que a primeira porção flexível  
20 é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a primeira porção flexível; e

ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à primeira porção flexível em um ponto de deslocamento de flexão zero e um ponto de fixação à segunda porção da câmara e forças geradoras  
25 na direção do deslocamento de flexão da primeira porção flexível;

em que o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre a porção flexível da câmara e a segunda porção da câmara com alterações no volume da câmara resultantes da soma instantânea do deslocamento do atuador e o deslocamento de flexão da primeira porção flexível.

30 36. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 35, em que o atuador é acionado em uma freqüência de forma que armazene energia na ressonância do sistema de tal modo que os deslocamentos da primeira por-

ção flexível aumentem proporcionalmente em relação à energia armazena-  
da.

37. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo  
com a reivindicação 35, em que o atuador gerador de força compreende um  
5 atuador de relutância variável.

38. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo  
com a reivindicação 35, em que o atuador gerador de força compreende um  
atuador eletroativo sólido.

39. Bomba, que compreende:  
10 o dispositivo, como definido na reivindicação 35;  
uma porta de entrada de fluidos em comunicação fluida com a  
câmara; e  
uma porta de saída de fluidos em comunicação fluida com a câ-  
mara;  
15 em que o dispositivo é adaptado para atrair fluidos para dentro  
da câmara através da porta de entrada durante o movimento da porção fle-  
xível de tal modo que aumente o volume da câmara, e  
em que o dispositivo é adaptado para expelir fluidos para fora da  
câmara através da porta de saída durante o movimento da porção flexível de  
20 tal modo que diminua o volume da câmara.

40. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo  
com a reivindicação 35, em que:

a segunda porção da câmara que compreende uma segunda  
porção flexível da câmara móvel em relação à primeira porção flexível da  
25 câmara, e  
o atuador gerador de força que também tem um ponto de fixação  
à segunda porção flexível em um ponto de deslocamento de flexão zero da  
segunda porção flexível;  
em que o atuador gerador de força exerce forças alternadas en-  
30 tre as primeiras e segundas porções flexíveis da câmara resultando, assim,  
em deslocamentos de pico entre os pontos máximos de deflexão das primei-  
ras e segundas porções flexíveis da câmara, que são maiores que os deslo-

camentos axiais do atuador gerador de força.

41. Dispositivo de transferência de energia fluídica, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma 5 porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara, sendo que a primeira porção flexível é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a primeira porção flexível; e

ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de 10 fixação à porção flexível em um ponto de deslocamento de flexão zero e forças geradoras em uma direção transversal ao deslocamento de flexão da primeira porção flexível;

em que o atuador gerador de força exerce forças transversais alternadas na primeira porção flexível da câmara e com alterações resultantes no volume da câmara resultante de vibrações axiais da primeira porção 15 flexível.

42. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 41, em que o atuador é acionado em uma freqüência de forma que armazene energia na ressonância do sistema de tal modo que os deslocamentos da porção flexível aumentem proporcionalmente em relação à energia armazenada.

43. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 41, em que o atuador gerador de força compreende um atuador eletroativo.

44. Bomba, que compreende:

25 o dispositivo, como definido na reivindicação 41;

uma porta de entrada de fluidos em comunicação fluida com a câmara; e

uma porta de saída de fluidos em comunicação fluida com a câmara;

30 em que o dispositivo é adaptado para atrair fluidos para dentro da câmara através da porta de entrada durante o movimento da porção flexível de tal modo que aumente o volume da câmara, e

em que o dispositivo é adaptado para expelir fluidos para fora da câmara através da porta de saída durante o movimento da porção flexível de tal modo que diminua o volume da câmara.

45. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo  
5 com a reivindicação 41, que compreende, ainda:

a segunda porção da câmara que compreende uma segunda porção flexível da câmara móvel em relação à primeira porção flexível da câmara; e

o atuador gerador de força que também tem um ponto de fixação  
10 à segunda porção flexível em um ponto de deslocamento de flexão zero da segunda porção flexível e forças geradoras em uma direção transversal ao deslocamento de flexão da segunda porção flexível;

em que o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre as primeiras e segundas porções flexíveis da câmara resultando, assim,  
15 em alterações resultantes no volume da câmara volume resultante de vibrações axiais das primeiras e segundas porções flexíveis.

46. Dispositivo de transferência de energia fluídica, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma  
20 porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara, sendo que a primeira porção flexível é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a primeira porção flexível; e

um atuador gerador de força que tem um ponto de fixação à parte  
25 central da primeira porção flexível e forças geradoras em uma direção transversal ao deslocamento de flexão da primeira porção flexível;

em que o atuador gerador de força exerce forças transversais alternadas na primeira porção flexível da câmara e com alterações resultantes no volume da câmara resultante de vibrações axiais da primeira porção  
30 flexível.

47. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 46, em que o atuador é acionado em uma freqüência de forma que armazene energia na res-

sonância do sistema de tal modo que os deslocamentos da primeira porção flexível aumentem proporcionalmente em relação à energia armazenada.

48. Bomba, que compreende:

o dispositivo, como definido na reivindicação 46;

5 uma porta de entrada de fluidos em comunicação fluida com a câmara; e

uma porta de saída de fluidos em comunicação fluida com a câmara;

10 em que o dispositivo é adaptado para atrair fluidos para dentro da câmara através da porta de entrada durante o movimento da porção flexível de tal modo que aumente o volume da câmara, e

em que o dispositivo é adaptado para expelir fluidos para fora da câmara através da porta de saída durante o movimento da porção flexível de tal modo que diminua o volume da câmara.

15 49. Dispositivo de transferência de energia fluídica, que compreende:

uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção flexível móvel em relação a uma segunda porção da câmara, sendo que a porção flexível é adaptada a alterar 20 o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume dobrando-se a porção flexível; e

25 um grampo de pivô que fixa a porção flexível ao redor de um circuito fechado da porção flexível dividindo, assim, a porção flexível em 2 seções que compreendem uma seção interna dentro do circuito fechado e uma seção externa fora do circuito fechado, sendo que o grampo de pivô permite que a seção externa e a seção interna girem ao redor do grampo de pivô, de tal modo que os deslocamentos das seções interna e externa estejam em direções opostas, e

30 ao menos um único atuador gerador de força tendo um ponto de fixação à seção externa da porção flexível e um ponto de fixação ao grampo de pivô e forças geradoras na mesma direção do deslocamento de flexão da porção flexível;

em que o atuador gerador de força exerce forças alternadas entre o grampo de pivô e a seção externa da porção flexível com alterações no volume da câmara resultante da flexão da porção flexível.

50. Dispositivo, de acordo com a reivindicação 49, em que o atuador é acionado em uma freqüência de forma que armazene energia na ressonância do sistema de tal modo que os deslocamentos da porção flexível aumentem proporcionalmente em relação à energia armazenada.

51. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 49, em que o atuador gerador de força compreende um atuador de relutância variável.

52. Dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 49, em que o atuador gerador de força compreende um atuador eletroativo.

### 53. Dispositivo de transferência de energia acústica:

15 um ressonador acústico que serve para suportar modos acústicos ressonantes, e

um dispositivo de transferência de energia fluídica sendo (i) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 1, (ii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 14, (iii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 18, (iv) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 26A, (v) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 27, (vi) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 32, (vii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 37, (viii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 41, (ix) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 46 ou (x) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 49.

30 54. Dispositivo de transferência de energia acústica, de acordo com a reivindicação 53, em que os modos acústicos consistem em modos longitudinais.

55. Dispositivo de transferência de energia acústica, de acordo com a reivindicação 53, em que os modos acústicos consistem em modos radiais.

56. Dispositivo de transferência de energia acústica, de acordo com a reivindicação 53, em que o ressonador acústico compreende um jato sintético ressonante.

57. Dispositivo de transferência de energia acústica, de acordo com a reivindicação 53, em que o ressonador acústico compreende o ressonador de um compressor acústico.

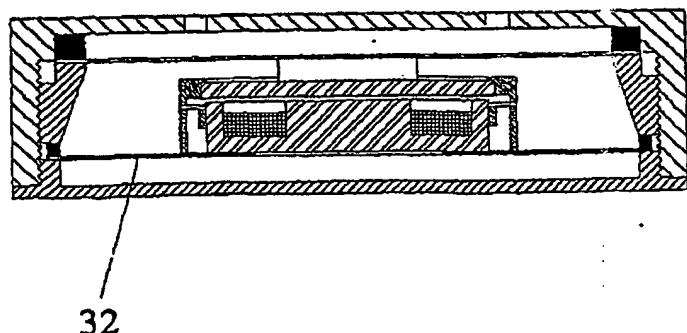
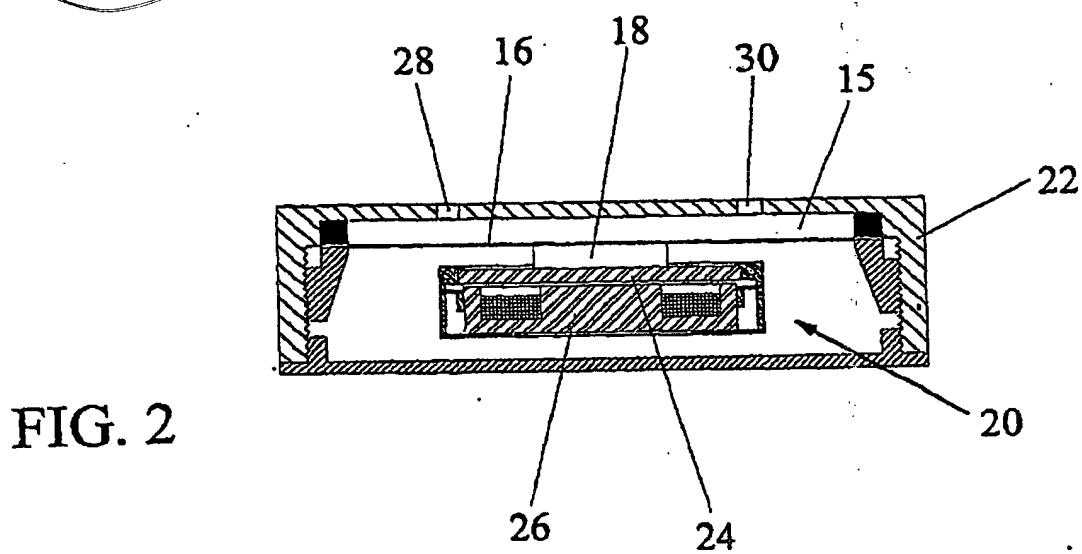
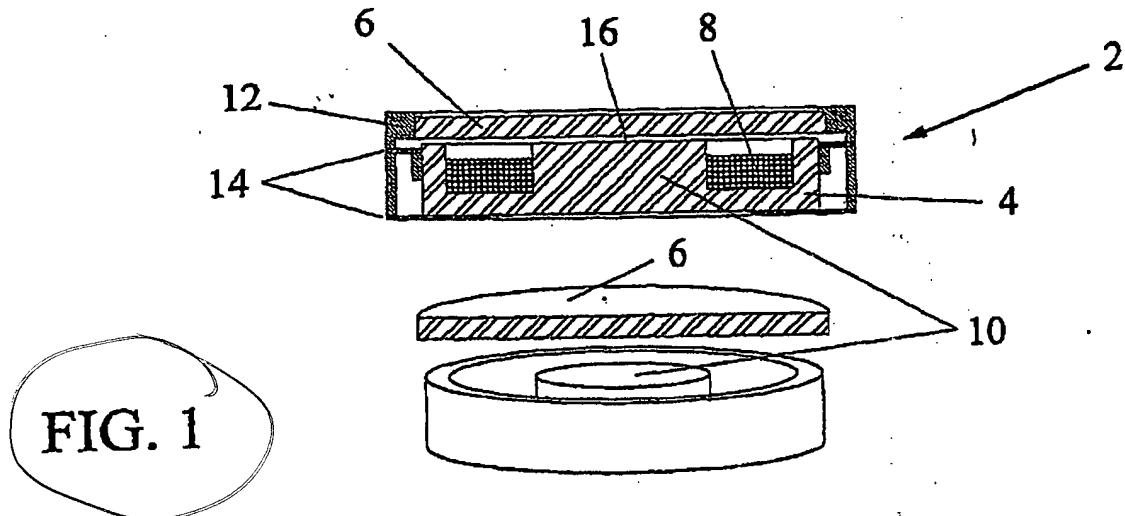
10 58. Dispositivo de jato sintético, que compreende:

um jato sintético,

em que o jato sintético é acionado pelo dispositivo de transferência de energia fluídica sendo que (i) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 1, (ii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 14, (iii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 18,

15 (iv) o dispositivo de transferência de energia fluídica, de acordo com a reivindicação 26A, (v) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 27, (vi) o dispositivo de transferência de energia

20 fluídica, como definido na reivindicação 32, (vii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 37, (viii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 41, (viii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 46 ou (vii) o dispositivo de transferência de energia fluídica, como definido na reivindicação 49.



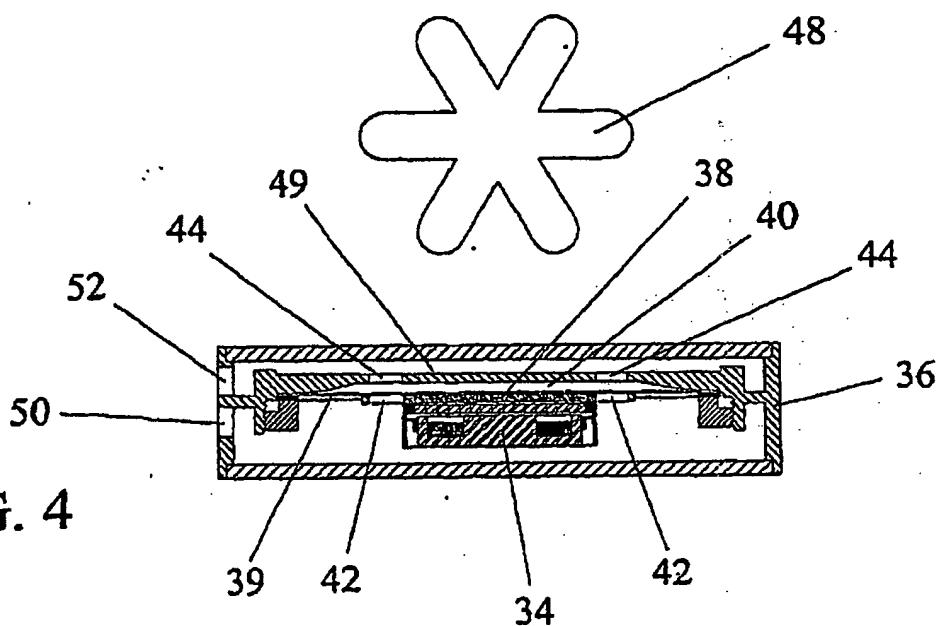


FIG. 4

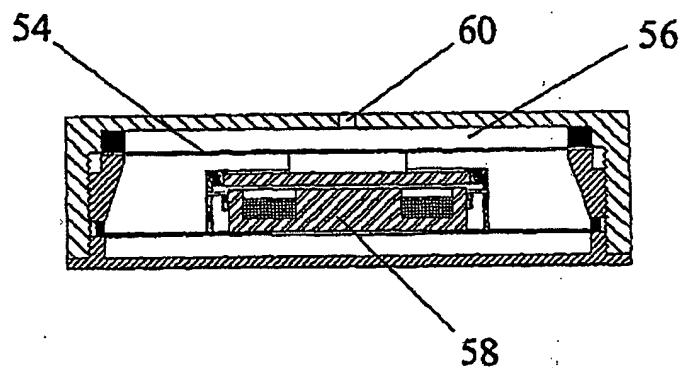


FIG. 5

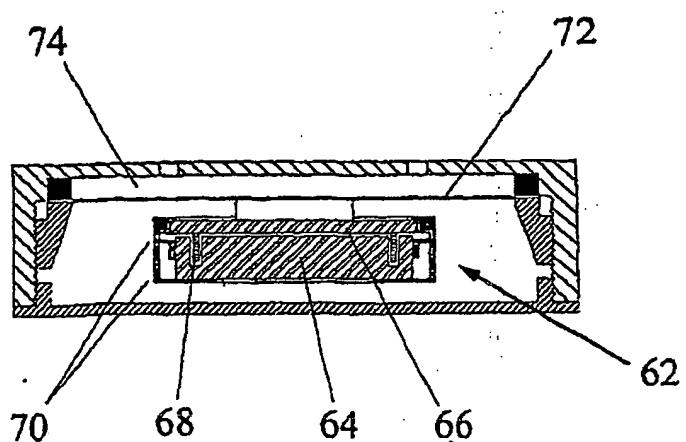


FIG. 6

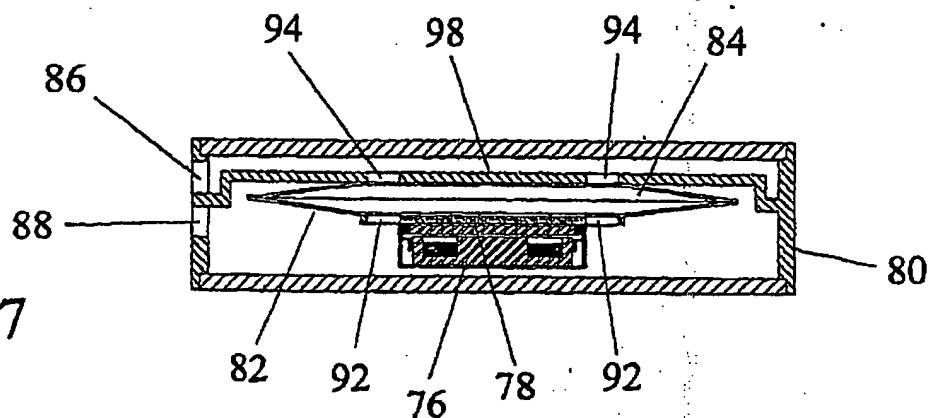


FIG. 7

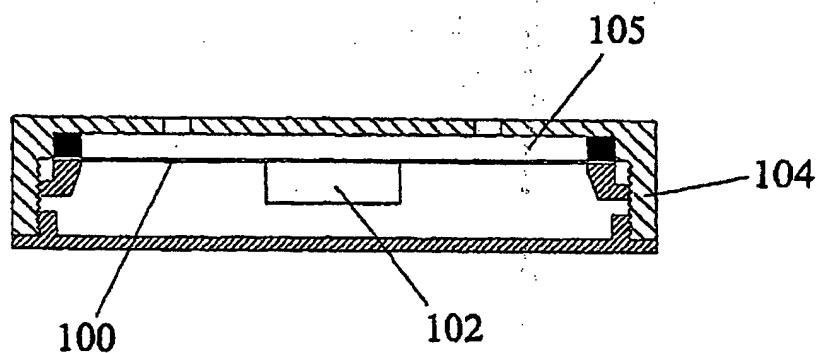


FIG. 8

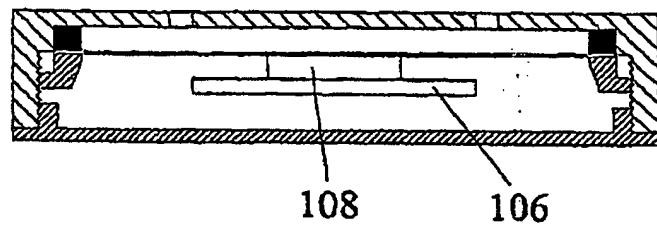


FIG. 9

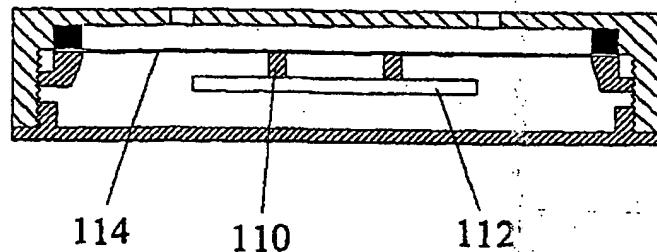


FIG. 10

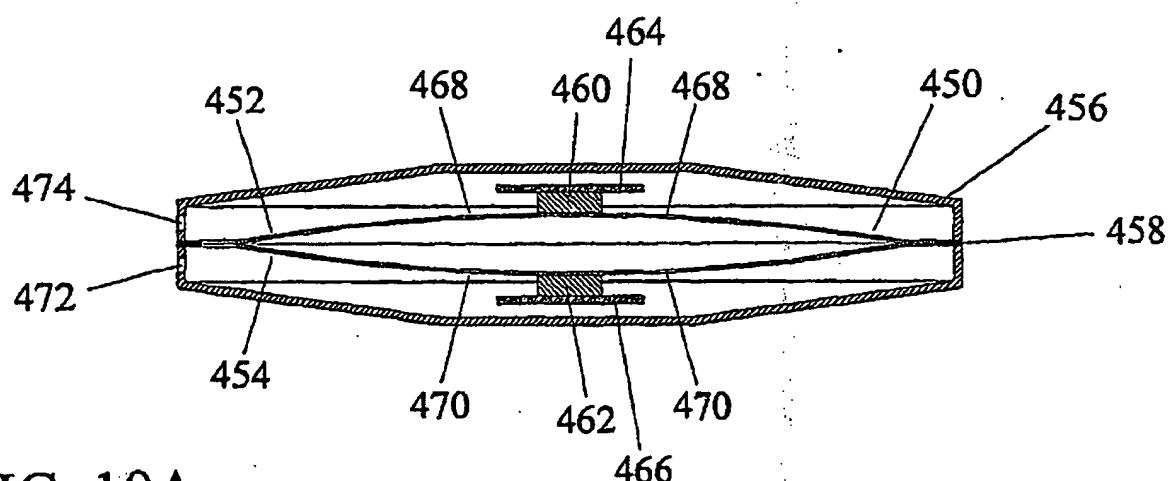


FIG. 10A

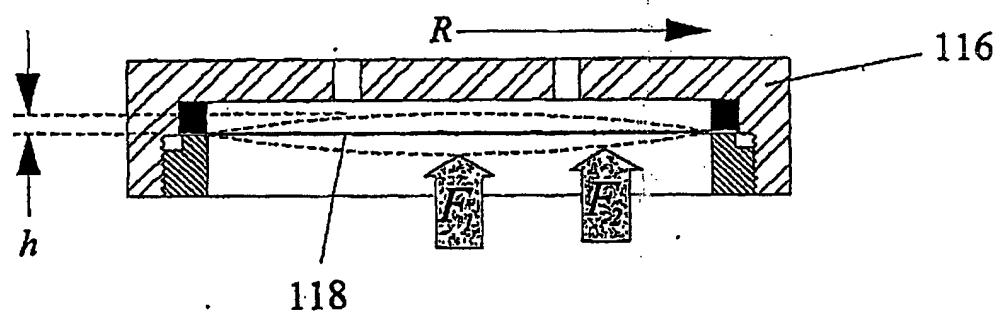


FIG. 11

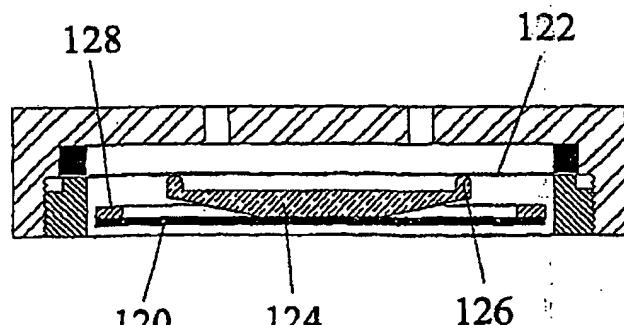


FIG. 12

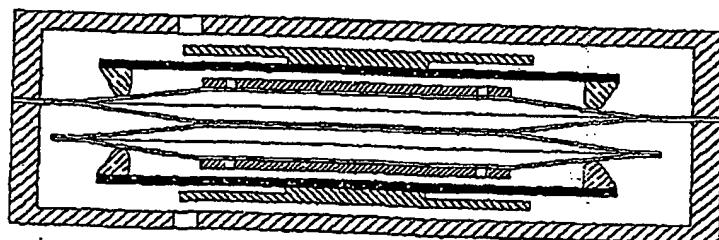
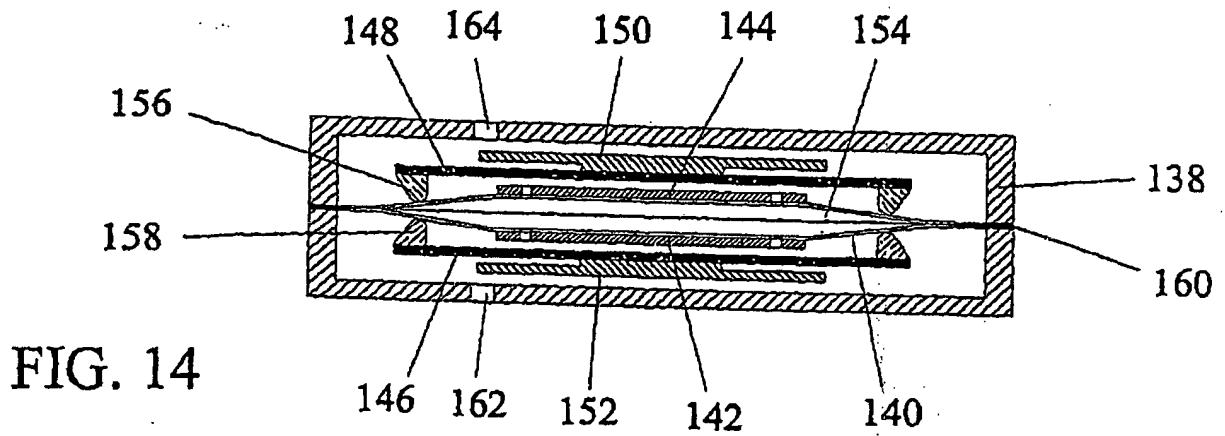
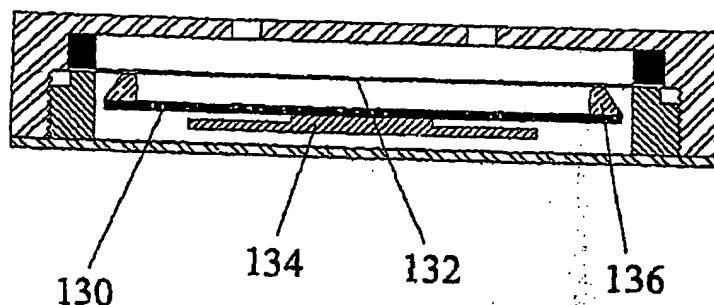


FIG. 16

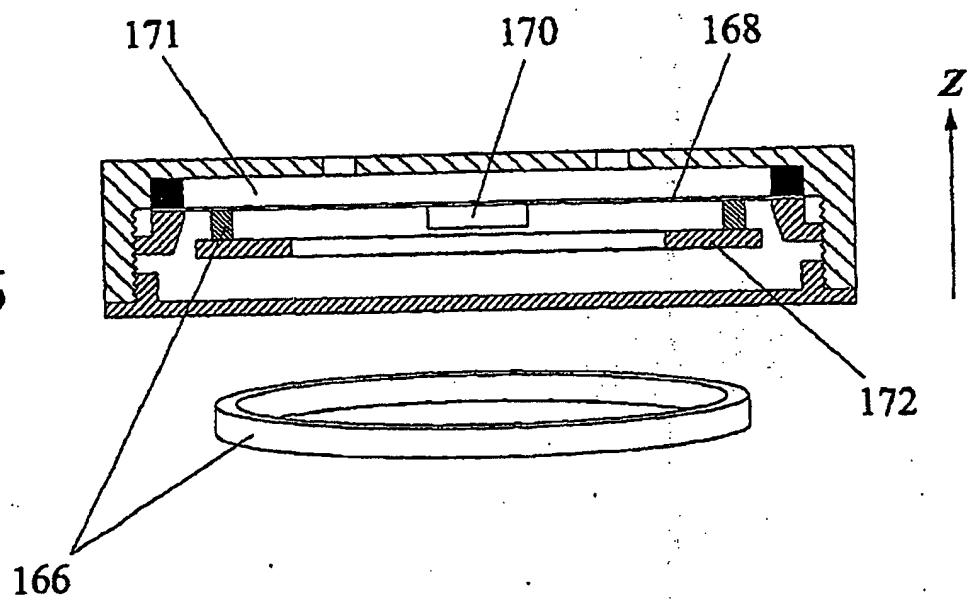


FIG. 17

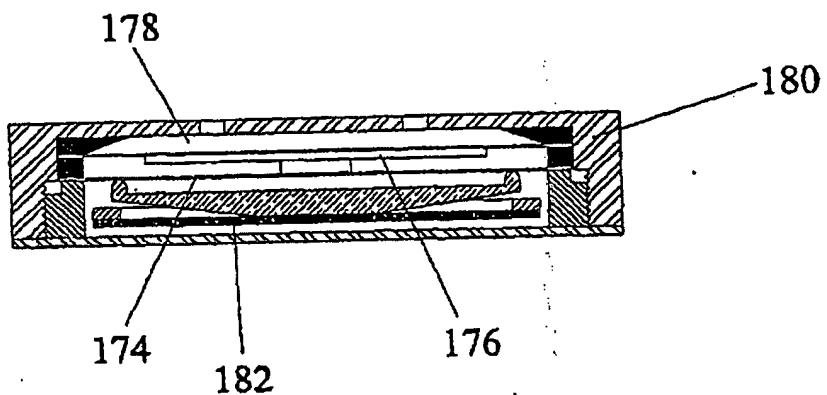


FIG. 18

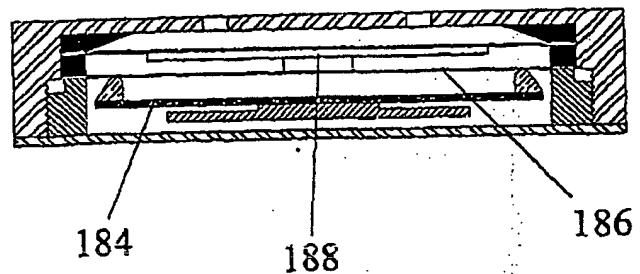


FIG. 18A

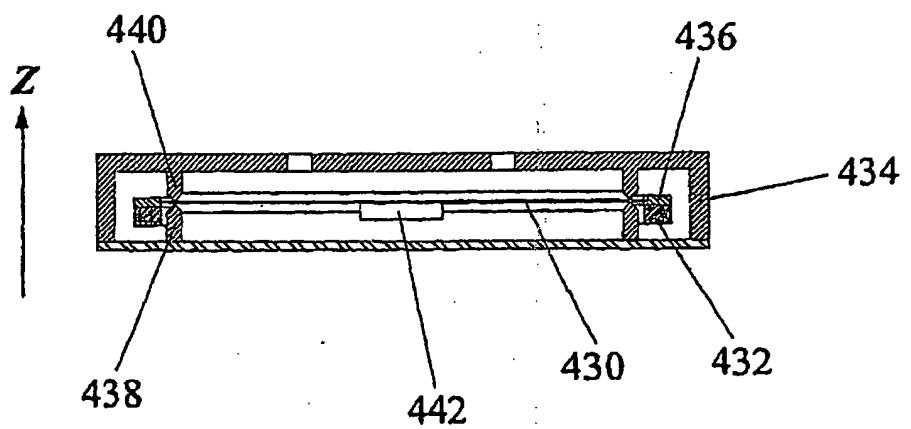
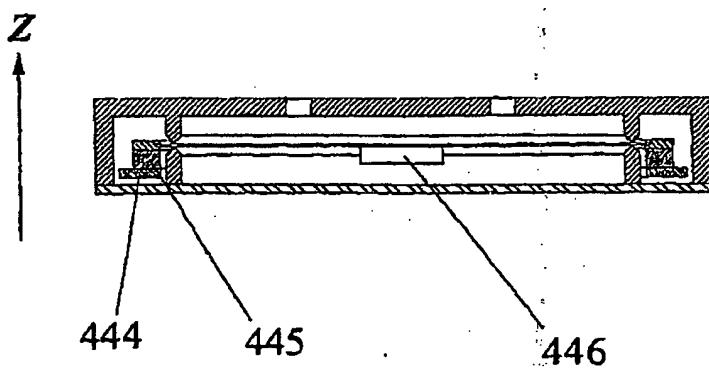
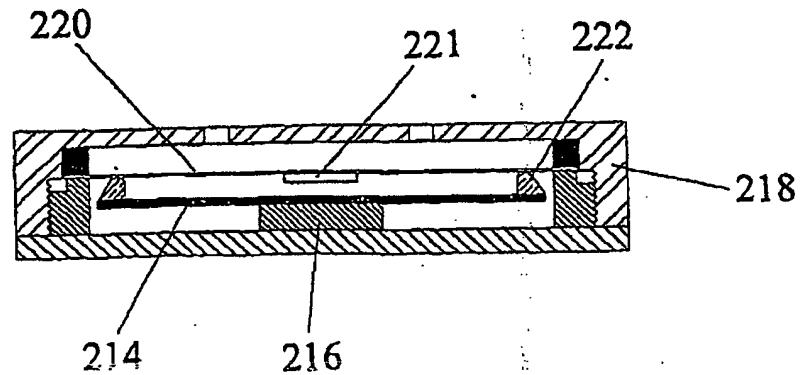
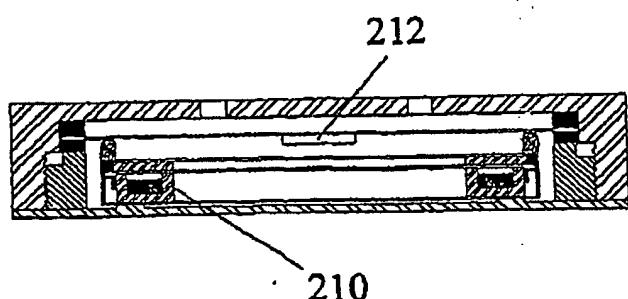
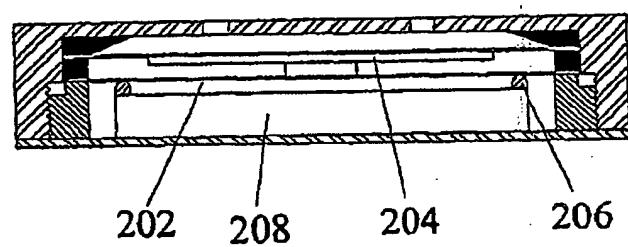
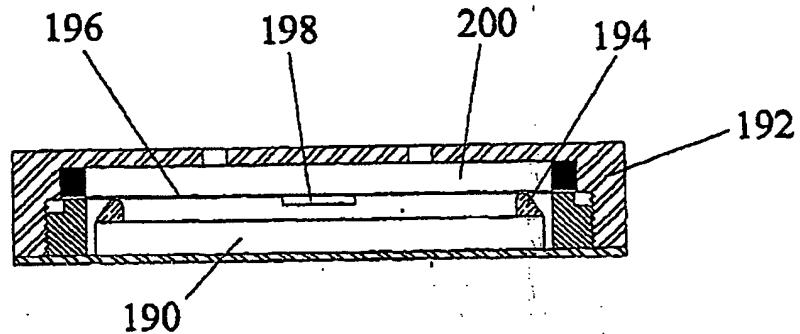


FIG. 18B





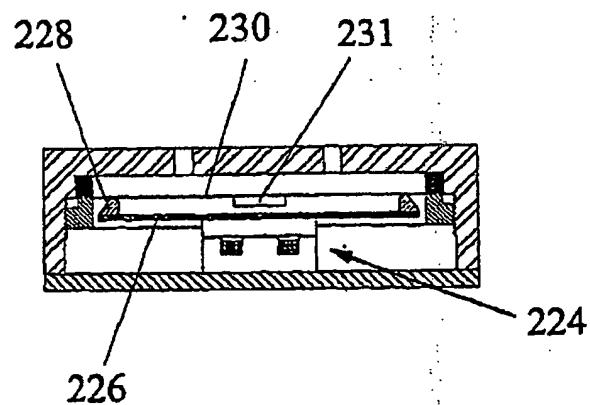


FIG. 23

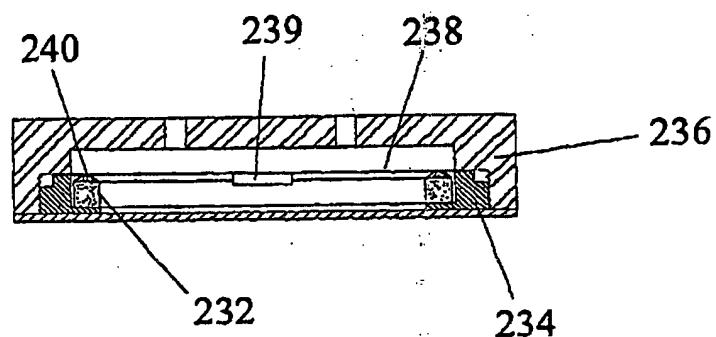


FIG. 24

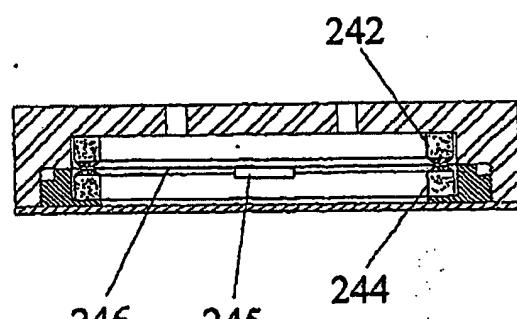


FIG. 25

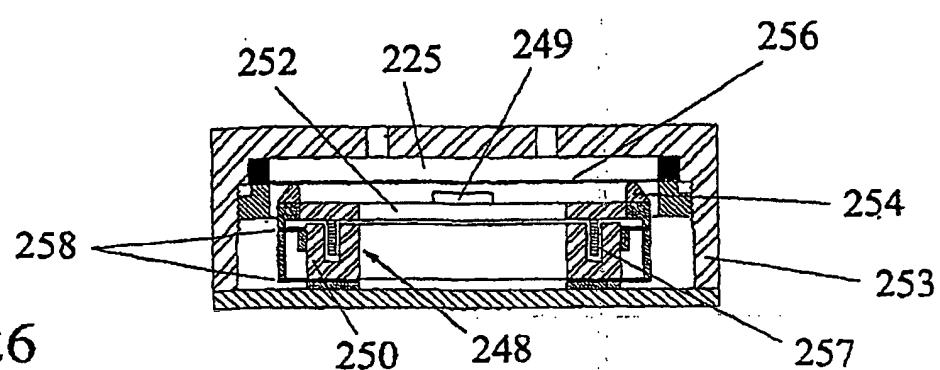
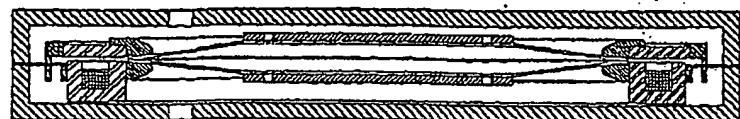
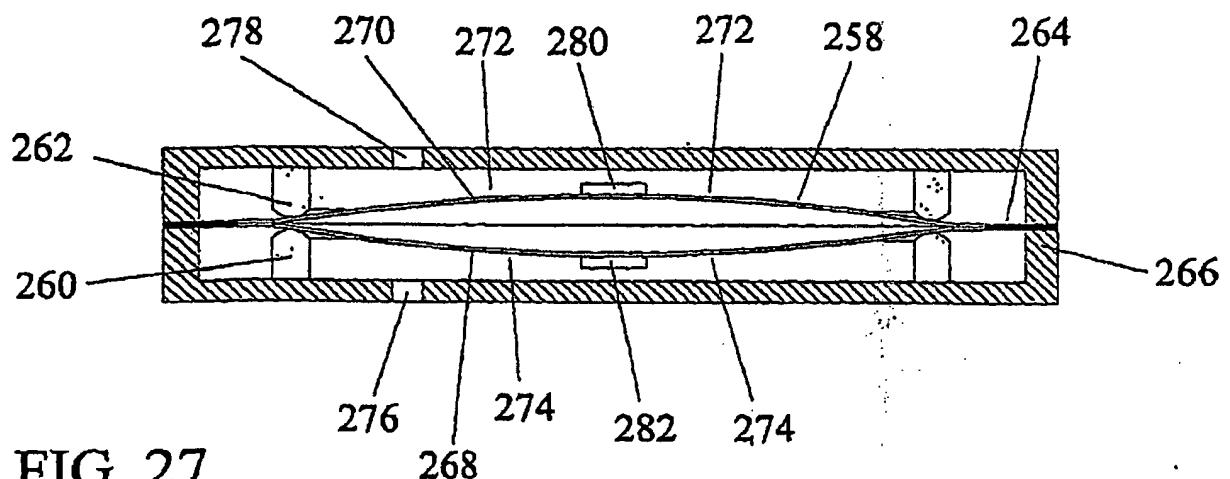


FIG. 26



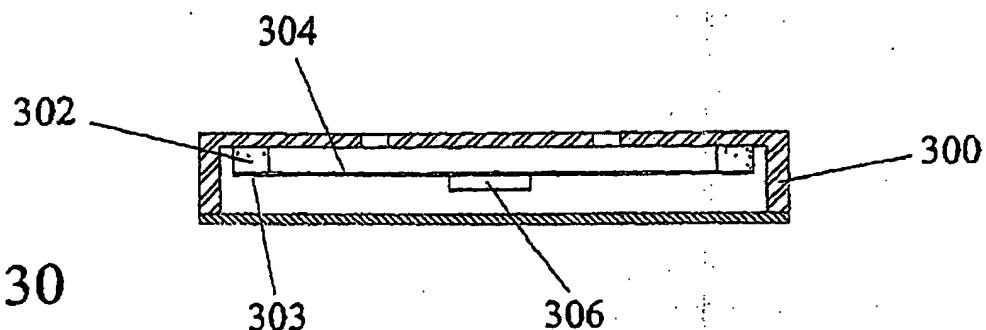


FIG. 30

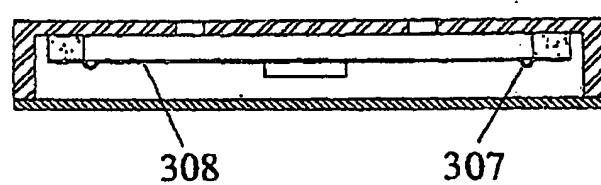


FIG. 31

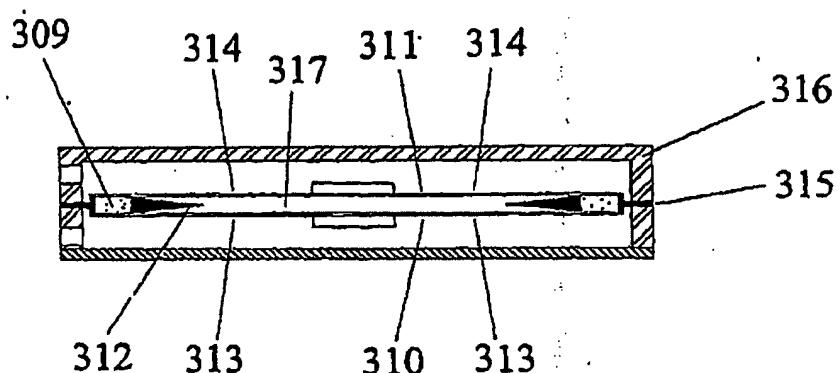


FIG. 32

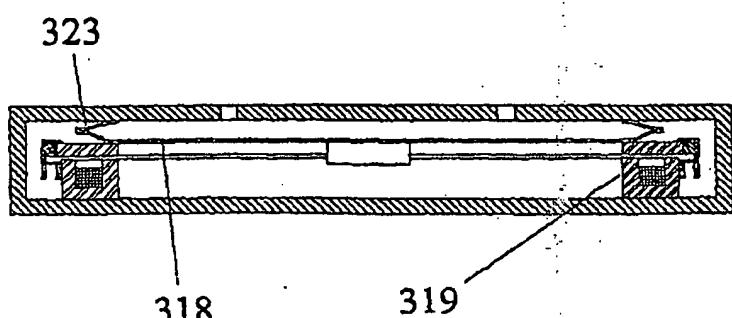


FIG. 32A

FIG. 33

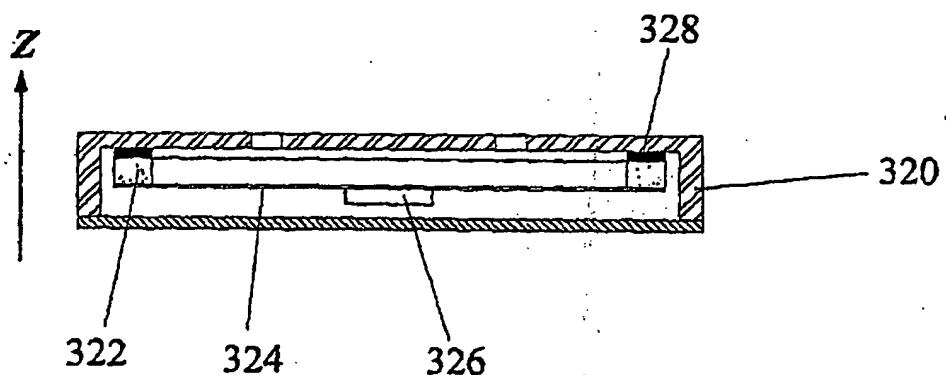


FIG. 34

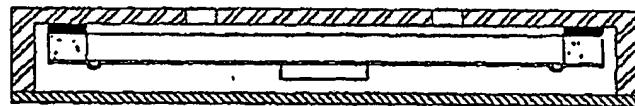
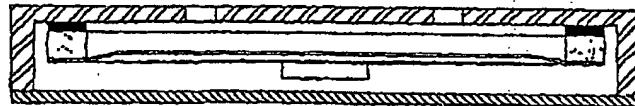
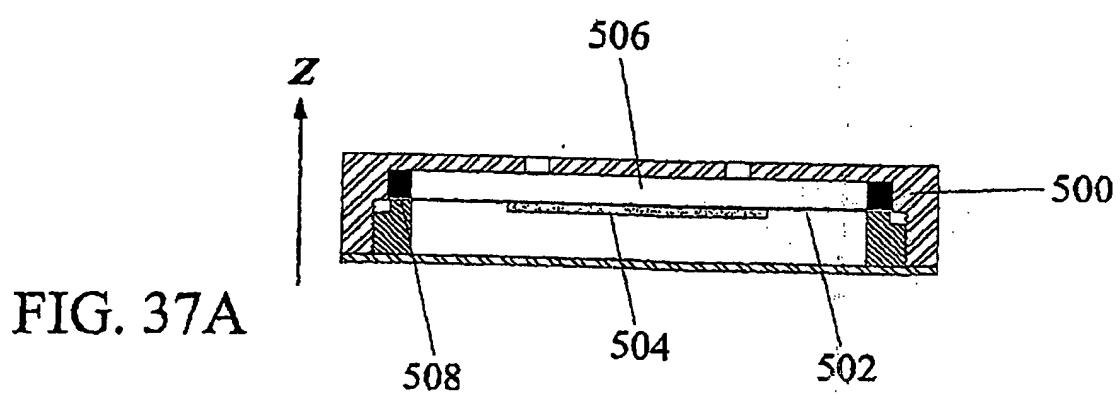
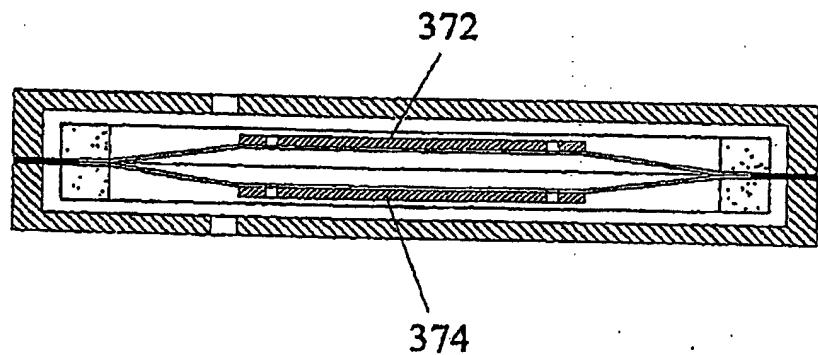
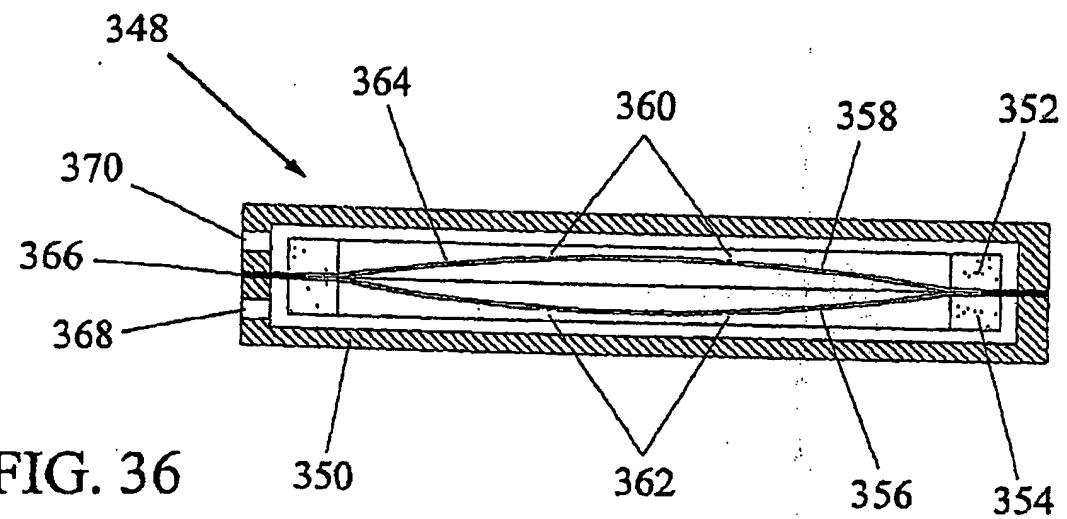


FIG. 35





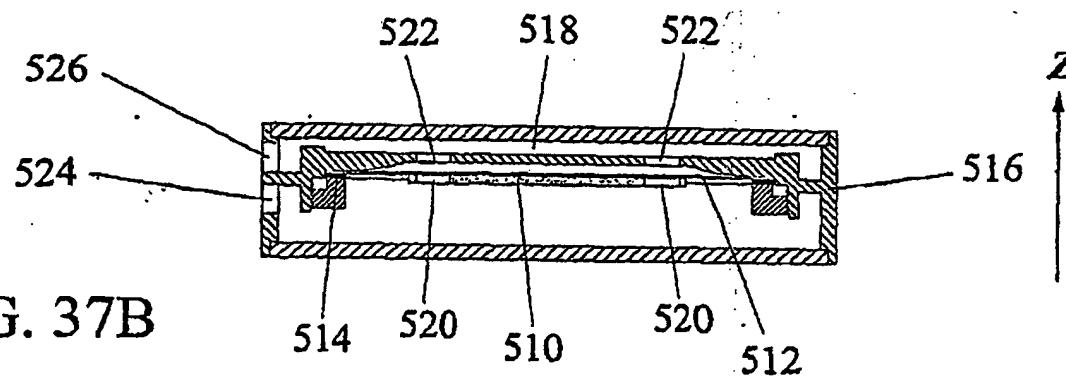


FIG. 37B

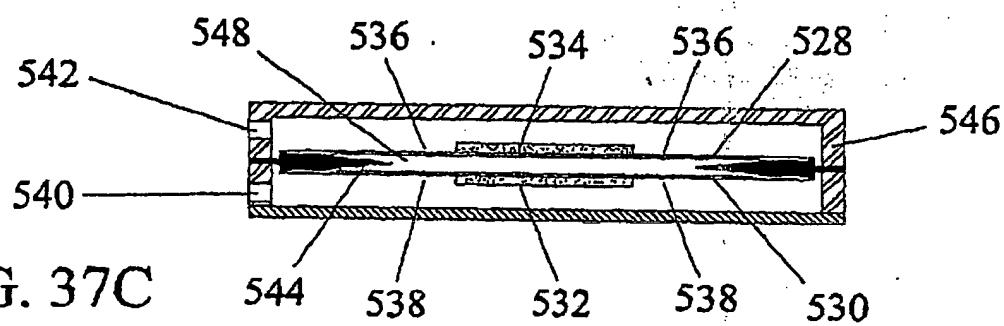


FIG. 37C

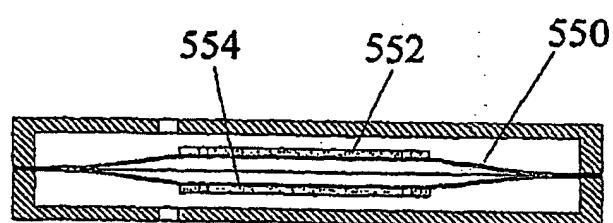


FIG. 37D

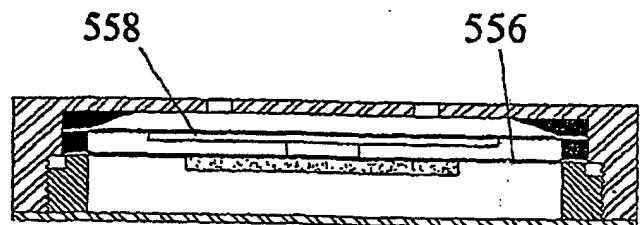


FIG. 37E

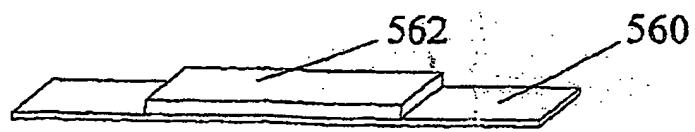


FIG. 38

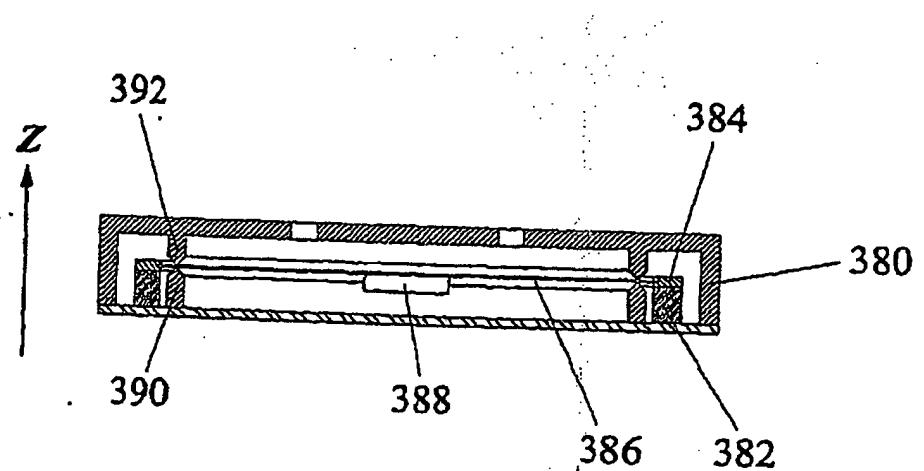


FIG. 39

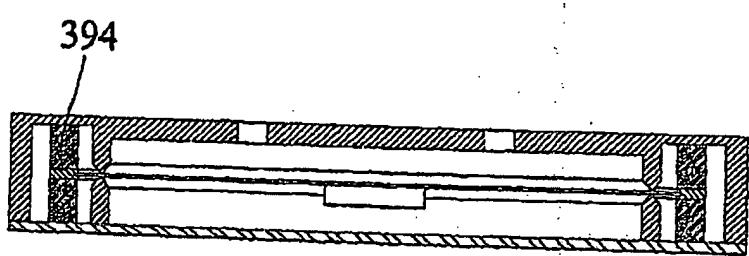


FIG. 40

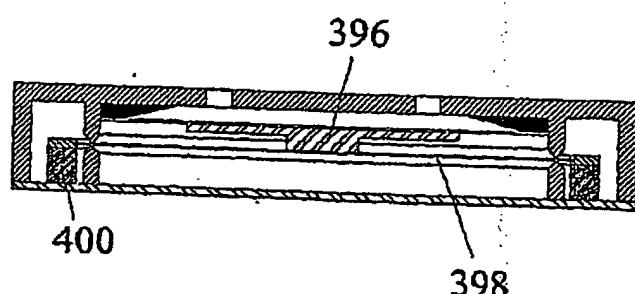
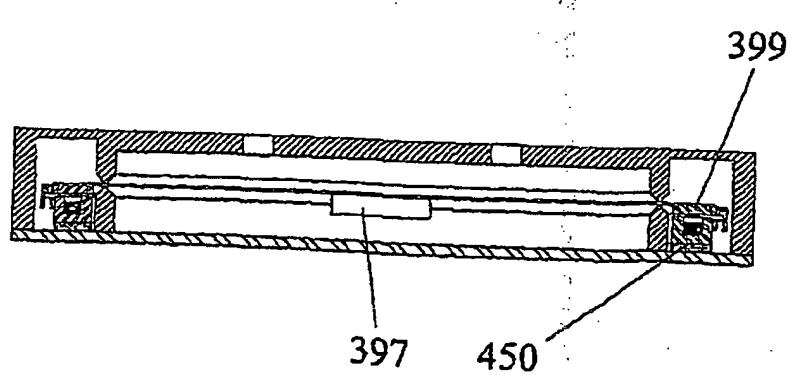
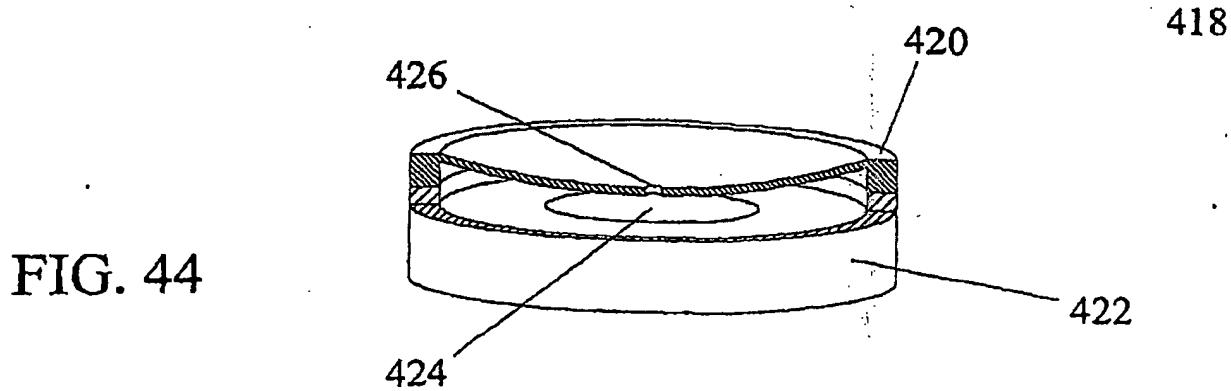
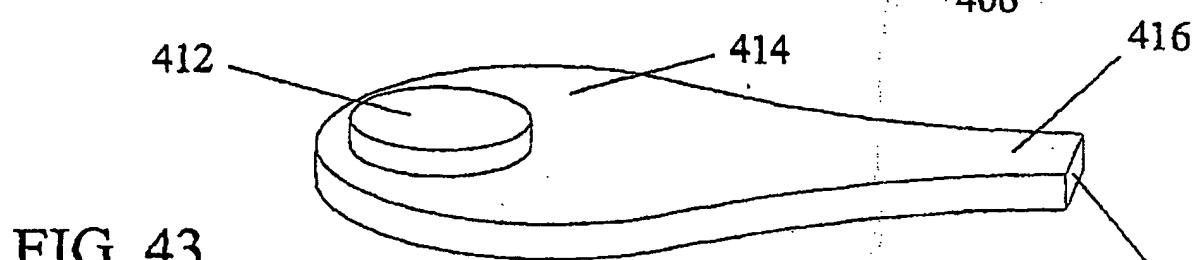
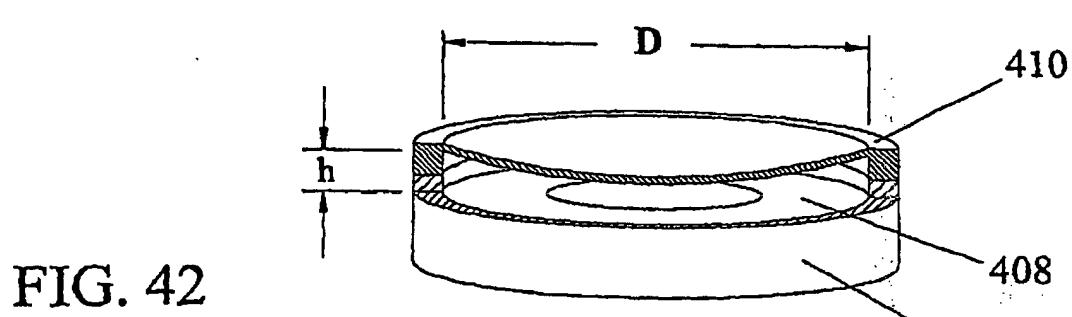
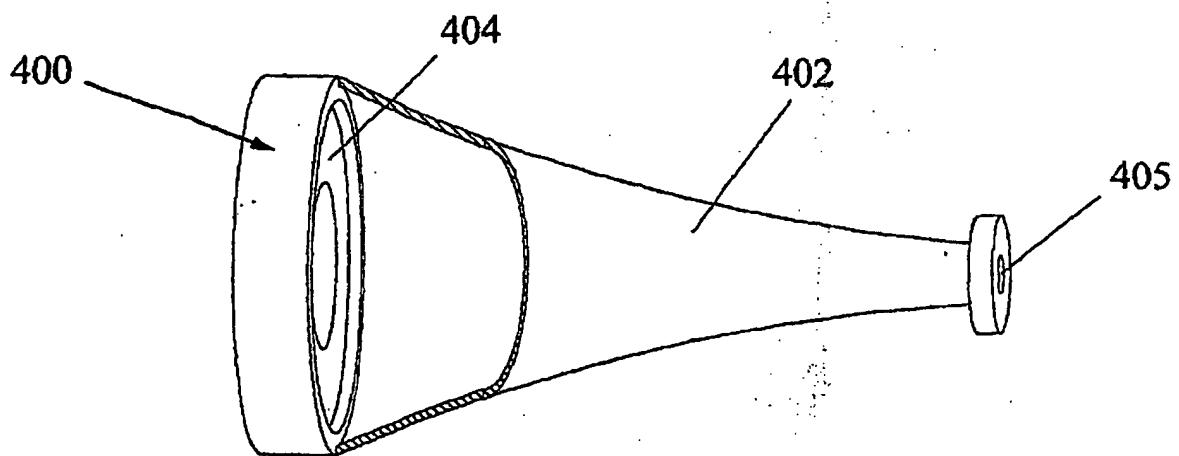


FIG. 40A





## RESUMO

### Patente de Invenção: "**DISPOSITIVOS DE TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA FLUÍDICA**".

A presente invenção refere-se a um dispositivo de transferência de energia fluídica, que inclui uma câmara para receber um fluido, sendo que ao menos uma porção da câmara compreende uma porção móvel em relação à outra porção da câmara, sendo que a porção móvel é adaptada para alterar o volume da câmara a partir de um primeiro volume para um segundo volume através do movimento da porção móvel. O dispositivo inclui, ainda, um atuador fixado à porção móvel, em que os deslocamentos da porção móvel podem ser maiores que o deslocamento do atuador.