



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

(21) PI 0718470-0 A2



(22) Data de Depósito: 09/08/2007
(43) Data da Publicação: 03/12/2013
(RPI 2239)

(51) *Int.Cl.*:
H01L 41/08

(54) Título: TRANSDUTOR ULTRASSÔNICO FOCADO DE ALTA INTENSIDADE, INSERTO, APARELHO PARA ISOLAR UMA ÁREA SUPERFICIAL DE UM TRANSDUTOR, E, TUBO ASCENDENTE **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 18/09/2006 US 11/532745

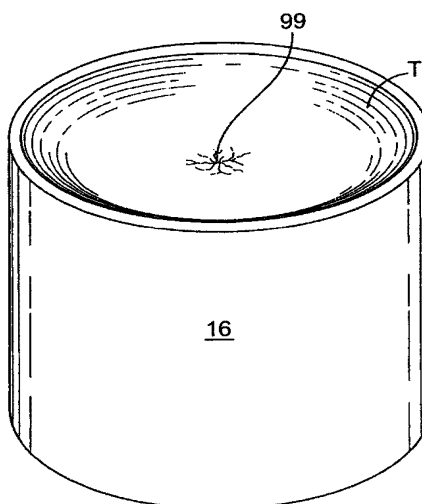
(73) Titular(es): Liposonix, Inc.

(72) Inventor(es): Charles S. Desilets, Greg P. Darlington, Jeffrey R. Crunkilton, Jens U. Quistgaard

(74) Procurador(es): Momsen, Leonardos & CIA.

(86) Pedido Internacional: PCT US2007075634 de 09/08/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/036479de 27/03/2008



“TRANSDUTOR ULTRASSÔNICO FOCADO DE ALTA INTENSIDADE, INSERTO, APARELHO PARA ISOLAR UMA ÁREA SUPERFICIAL DE UM TRANSDUTOR, E, TUBO ASCENDENTE”

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

5 1. Campo da Invenção

A presente invenção diz respeito a um transdutor ultrassônico focado de alta intensidade para aplicações médicas, o transdutor no geral tendo uma blindagem fisicamente anexada na face do transdutor.

2. Descrição dos Fundamentos

10 Transdutores ultrassônicos focados de alta intensidade (HIFU) estão encontrando uso crescente em procedimentos médicos. Similares aos seus primos em formação de imagem de diagnóstico, transdutores HIFU compartilham muitos dos mesmos componentes estruturais. Em transdutores HIFU, o material piezoelétrico é selecionado e enxertado para produzir a

15 frequência, intensidade e potência total desejada para produzir níveis HIFU suficientes para lisar o tecido alvo. Uma vez que o material piezoelétrico tenha sido selecionado e modelado, o material piezoelétrico é revestido com um material eletricamente condutor (uma camada de metalização) tanto na face frontal quanto posterior do transdutor. O material piezoelétrico é

20 "polarizado" aplicando-se um forte potencial elétrico entre os eletrodos, ativando o material piezoelétrico. Um eletrodo é conectado em cada superfície metalizada, e conectado a um gerador de energia elétrica. Uma diferença de potencial periodicamente variada é aplicada entre os eletrodos, fazendo com que o material piezoelétrico vibre longitudinalmente na

25 frequência alternada. A face do transdutor posterior em geral faz interface com ar ou uma base absorvente de baixa impedância acústica; a face frontal do transdutor faz interface com a carga acústica, algumas vezes através de uma camada de material de casamento de impedância intermediária. Esta configuração faz com que a frente da onda ultrassônica se propague

longitudinalmente através da face frontal. Embora a face do transdutor possa ser plana ou modelada, em aplicações HIFU a face frontal tem forma geral "arqueada" para dar foco esférico.

Em aplicações de ultrassom focado de alta intensidade (HIFU) médico, transdutores são em geral casados a um paciente usando fluidos. A frequência, intensidade e potência usada em terapia HIFU é tal que reflexões na interface do paciente sejam suficientes para induzir cavitação e microfluxo de partículas de agente de casamento (incluindo moléculas de água) que podem causar danos na face do transdutor. Danos na face do transdutor produzem inúmeros efeitos colaterais indesejáveis, incluindo deslaminação da camada de casamento da cerâmica piezoelétrica, erosão de metalização no material piezoelétrico, perda do foco adequado de energia ultrassônica (que leva a atenuação e acúmulo térmico em áreas que podem apresentar algum risco ao paciente) e destruição física do material piezoelétrico usado para fabricar o transdutor.

Várias tentativas de solucionar este problema até então se mostraram insatisfatórias. Em algumas aplicações HIFU, a blindagem do transdutor é algumas vezes encontrada na forma de uma lente acústica colocada através da face do transdutor. A lente acústica fornece a funcionalidade dupla de prover um grau de focagem da energia ultrassônica, simultaneamente protegendo o material piezoelétrico de danos. Danos podem ser provenientes de contato acidental da face do transdutor com objetos estranhos, ou de efeitos mecânicos das reflexões HIFU no meio usado para casar o transdutor a uma superfície alvo. O uso de uma lente acústica apresenta diversas desvantagens.

Uma desvantagem desta solução é que a lente também age como uma camada de contorno entre a "pilha" do transdutor (material piezoelétrico mais qualquer camada de casamento e base) e o tecido alvo. Energia ultrassônica se perde através da atenuação na lente. Reflexão e

refração de energia ultrassônica são também problemas que têm que ser tratados. À medida que a potência e intensidade aumentam em um transdutor HIFU, as dificuldades associadas que acompanham o uso de uma lente podem tornar-se muito grandes para ser superadas.

5 Assim, continua haver uma necessidade de um transdutor HIFU que possa suportar as perturbações criadas quando o transdutor é ativado.

Existe adicionalmente uma necessidade de um transdutor HIFU para ser operado em intensidades operacionais e níveis de potência
10 extremamente altas.

Existe ainda uma outra necessidade de estender a vida útil de um transdutor que foi danificado pelas perturbações.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Um objetivo da presente invenção é prover um transdutor
15 HIFU resistente a danos mecânicos associados com uso de HIFU.

Um outro objetivo é prover uma blindagem que possa proteger a face do transdutor sem degradação substancial do desempenho do transdutor.

Ainda um outro objetivo é prover uma blindagem que não
20 interfira na transmissão da energia ultrassônica do transdutor.

Também um outro objetivo é prover uma blindagem do transdutor que seja substituível, se necessário.

Esses e outros objetivos são alcançados usando um transdutor ultrassônico focado de alta intensidade com uma blindagem. Em uma
25 modalidade, o transdutor HIFU com uma blindagem tem uma face frontal, uma face posterior e uma blindagem anexada na face frontal.

Em uma outra modalidade, existe um transdutor ultrassônico focado de alta intensidade com um lado frontal plano ou substancialmente arqueado, e uma blindagem anexada no lado frontal. A face do transdutor

desejavelmente tem uma região na face frontal que não é eletricamente acionada (região não acionada, região completa ou parcialmente inerte ao efeito piezoelétrico), tanto por causa do isolamento elétrico quanto da formação do material, de forma que a região não acionada não é uma região emissora de ultrassom. A região não acionada é coberta com um material que age como uma blindagem contra danos no transdutor quando a região ativa do transdutor é ativada e energia refletida colide na face do transdutor.

Em uma outra modalidade, o transdutor tem uma abertura através da face frontal do transdutor e alinhada substancialmente normal com a face frontal do transdutor. A abertura estende-se da face frontal até o lado posterior do transdutor. Opcionalmente, a abertura pode ser cheia.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

As figuras 1A-1B ilustram um transdutor HIFU danificado.

As figuras 2A-2O ilustram um transdutor HIFU com uma blindagem e várias seções transversais.

As figuras 3A-3B e 4A-4G mostram vários moldes para fabricar um transdutor HIFU com uma blindagem.

As figuras 5A-5C mostram desenhos alternativos de um transdutor com uma blindagem.

As figuras 6A-6H ilustram métodos de fabricar um transdutor com uma blindagem.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Estão aqui descritos vários transdutores desenhados para resistir a energia refletida destrutiva encontrada quando os transdutores são acionados. Em particular, a invenção diz respeito a transdutores ultrassônicos focados de alta intensidade usados em aplicações médicas. Esses transdutores encontram uso frequente em pacientes humanos e, como tal, garantir qualidade elevada e consistente do desempenho do transdutor é altamente desejável.

Em uma modalidade, existe um transdutor HIFU com uma blindagem colocada na face frontal do transdutor.

Em uma modalidade alternativa, existe um transdutor HIFU com uma região eletricamente isolada na face frontal do transdutor, e uma
5 blindagem incorporada na região eletricamente isolada.

Em uma outra modalidade, existe um transdutor HIFU com uma abertura no mesmo, e uma chapa de suporte reforçada com uma camada de baixa impedância acústica para servir como um plano de suporte adequado basicamente para a propagação do ultrassom à frente.

10 Em uma outra modalidade, existe um transdutor HIFU com uma abertura através do material piezoelétrico, e um plugue não piezoelétrico enchendo a abertura.

Em cada uma das modalidades existem várias configurações do material do transdutor, das camadas de metalização e de qualquer camada
15 de casamento que permitem a devida operação do transdutor que tem uma blindagem. O componente principal é o próprio transdutor. Este pode ser um transdutor especialmente fabricado, tal como aqui descrito, ou um transdutor existente modificado pelos métodos e procedimentos aqui descritos, para fabricar um transdutor com uma blindagem.

20 A região do transdutor sob a blindagem pode ser projetada em uma variedade de modalidades alternativas. Em uma modalidade, a região sob a blindagem é a mesma do resto do transdutor, e a blindagem é otimizada para minimizar a tensão do ultrassom que passa por ela, de forma que a blindagem ofereça proteção contra degradação física da face frontal do transdutor, ao
25 mesmo tempo sem danificar o transdutor quando é assentado em uma região ativa da face do transdutor.

Alternativamente, a região sob a blindagem pode produzir uma menor pressão acústica do que as porções não blindadas do transdutor, quando ele é acionado. Desejavelmente, o material piezoelétrico sob a

blindagem agora produz menos pressão acústica do que aquelas áreas que não estão blindadas. O nível de redução pode ser qualquer quantidade de pressão acústica menor que a saída normal do transdutor não blindado. Energia ultrassônica pode ainda ser emitida através desta região dos elementos piezoelétricos de borda que irradiam através do volume blindado, e de reverberações no transdutor sob a blindagem. Esta região não acionada não é diretamente acionada, mas pode produzir energia ultrassônica em virtude de ser acionada indiretamente (efeitos elétricos de borda) ou produzir ultrassom por efeitos mecânicos de borda ou efeitos de reverberações a partir daquelas regiões que são ativamente acionadas. Esta região não acionada pode ser produzida de uma variedade de maneiras. Por exemplo, o transdutor pode ter um material não piezoelétrico na região do campo. Isto pode ser feito quebrando a metalização antes da polarização para produzir uma porção não polarizada e, portanto, substancialmente inativa, de material piezoelétrico, ou substituindo a região de material piezoelétrico por um material não piezoelétrico. Pequenas quantidades de energia ultrassônica podem ser emitidas pelas seções não acionadas do transdutor por meio de mecanismos de casamento cruzado acústico ou elétrico. Alternativamente, o transdutor pode ter um uniforme e forma de fabricação material, e basear-se em isolamento elétrico para impedir o efeito piezoelétrico na região desejada. Isto pode ser obtido isolando-se a região desejada dos eletrodos usados para criar o circuito em torno do transdutor. Em uma modalidade, a região blindada pode ser isolada traçando a camada de metalização de maneira que a continuidade elétrica da superfície frontal e posterior do transdutor seja interrompida. Assim, quando a face posterior do transdutor é eletricamente estimulada, uma região na face posterior não será eletricamente estimulada diretamente, exceto pelos mecanismos de casamento cruzado. A região no plano frontal que é eletricamente isolada desejavelmente se ajusta à forma da mesma área que é eletricamente isolada na camada posterior. Em uma

modalidade alternativa, o isolamento elétrico pode ser conseguido removendo-se a camada de metalização e/ou camadas de casamento da região a ser eletricamente isolada. A remoção pode tomar a forma tanto não dispondo a as camadas de metalização no transdutor nas regiões a ser eletricamente isoladas, quanto removendo-se as camadas de metalização depois que elas foram depositadas no transdutor. A remoção da camada de metalização pode ser feita por jateamento com areia, esmerilhamento, ataque químico, ataque laser ou qualquer outro meio de remover confiavelmente metal da face do transdutor em uma operação de profundidade controlada.

Em uma terceira modalidade, a região sob a blindagem pode ser completamente removida e substituída com um material inerte para prover completo isolamento de qualquer energia de borda ultrassônica produzida pelo resto do transdutor.

Uma vez que a região esteja eletricamente isolada, a blindagem é anexada na face frontal do transdutor. Desejavelmente, a blindagem é um material de polímero com um equilíbrio de resiliência e qualidades absorptivas para proteger o transdutor contra danos mecânicos. Assim o material de polímero desejavelmente é capaz de absorver energia mecânica que pode impactar a face do transdutor durante operação do transdutor. O polímero pode amortecer a energia mecânica para reduzir ou eliminar o impacto mecânico na face do transdutor, ou o polímero pode agir como uma blindagem ablativa. No último caso, energia mecânica tal como cavitação ou microfluxo, danificaria a blindagem de polímero sem danificar o transdutor propriamente dito. A blindagem pode ser feita de qualquer material não condutor que é relativamente impermeável a efeitos mecânicos pela cavitação e microfluxo.

Alternativamente, a blindagem pode ser uma blindagem ablativa de forma que qualquer dano mecânico que possa de outra forma danificar o transdutor seja feito em vez disso na blindagem. Uma blindagem

de polímero é desejável, já que oferece os recursos combinados de propriedades tanto de absorção (amortecimento) quanto ablativas. Blindagens de polímero são facilmente formadas e anexadas igualmente em transdutores. Materiais não polímero podem também operar como uma blindagem ablativa.

- 5 No caso de uma blindagem ablativa, é desejável prover tanto circulação do fluido de casamento quanto remoção direta das partículas ablativas da blindagem, e assim essas partículas em si não se tornam núcleos para cavitação.

O tamanho, forma e material da blindagem irão variar dependendo das características de desempenho do transdutor. Em uma modalidade, existe um transdutor que opera a 2 MHz capaz de produzir 400 W de energia acústica total. O transdutor tem 38 mm de diâmetro e incorpora uma seção central de 7 mm de diâmetro não acionada. A blindagem na face do transdutor é posicionada centralmente sobre a região não acionada e é formada de uma borracha macia ou plástico com um valor Shore A entre 20-60. Um material potencial para a blindagem pode ser poliuretano, ou um composto similar.

Em uma outra modalidade, a blindagem não funciona de uma maneira ablativa, mas é formada de um material mais duro com um valor Shore D de 10 a 80. Esta camada pode ser plana ou de uma forma especial para refletir e dispersar a energia acústica que chega ou fluxo de material de microfluxo. Isto poderia ser uma operação adicional, ou ser incorporado na camada de casamento durante a fundição.

Em uma outra modalidade, a blindagem consistiria em uma película metálica final altamente refletiva. Esta camada poderia ser aplicada para re-refletir a energia acústica ou microfluxo que chega. Isto poderia ser uma operação adicional, ou ser incorporado na camada de casamento durante a fundição.

Um gabarito do molde genérico pode ser usado para criar o

transdutor com uma blindagem. O molde tem uma base com uma face externa, uma face interna e uma superfície de impressão par cobrir a face do transdutor. Um anel guia é conectado na base. O anel guia é desenhado para receber o transdutor. Um tubo ascendente estende-se da face interna da base.

- 5 O tubo ascendente tem uma extremidade da base em contato com a base, e uma extremidade de contato, desenhada para tocar a face do transdutor quando o molde é devidamente casado com o transdutor. O molde pode ter qualquer forma ou tamanho, desde que o anel guia possa guiar devidamente o molde para o lugar. Pode-se imaginar a base e o anel guia se comportando de
- 10 forma análoga a uma tampa de extremidade do transdutor. O tubo ascendente estende-se da face interna da base até a face do transdutor quando o molde é devidamente montado sobre o transdutor. Assim, o tubo ascendente, o anel guia e a base podem desejavelmente ser fabricados para casar especificamente com a configuração de um transdutor particular. O tubo ascendente
- 15 desejavelmente faz contato com o transdutor em uma área coincidente com a região não acionada do transdutor. Como descrito a seguir, uma maneira de definir o tamanho da região não acionada é determinando a área superficial de contato que o tubo ascendente faz com a face frontal do transdutor.

- O molde pode ser modificado de inúmeras maneiras para criar
- 20 moldes adicionais usados na fabricação de um transdutor com uma blindagem. Em uma modalidade, o molde pode ter um rebordo serrilhado no tubo ascendente voltado para a face do transdutor. Em uma outra modalidade, o molde pode ter uma pequena reentrância ou cavidade no topo do tubo ascendente onde o tubo ascendente entra em contato com a face do transdutor.
- 25 Em uma outra modalidade, existe uma abertura que estende-se através da base e do tubo ascendente, de forma que uma região da face do transdutor seja acessível através do molde. O molde pode também ter um pequeno furo passante (não coincidindo com o tubo ascendente) de forma que ar possa passar para dentro e para fora do volume interno do molde.

Referindo-se agora aos desenhos, deve-se entender que as figuras do desenho são providas para melhorar a descrição apresentada. Elementos mostrados nas figuras não estão necessariamente ilustrados em escala com relação aos outros desenhos, ou outras partes no mesmo desenho.

5 Nem as partes ou figuras devem ser consideradas em qualquer sentido absoluto de elementos de desenho reais sem ser as ilustrações de modalidades com o propósito de entendimento da revelação apresentada.

De volta agora aos desenhos, áreas de danos físicos 99 podem aparecer em transdutores HIFU, mostradas na figura 1A e 1B. O tratamento
10 HIFU pode causar efeitos físicos e térmicos não intencionais e indesejados perto da superfície do transdutor, que podem produzir trincas na face frontal do transdutor (figura 1A), ou pode formar pontos ou podem fazer com que ocorram imperfeições na face do transdutor (figura 1B). Danos na face do transdutor são indesejáveis e podem afetar adversamente a operação do
15 transdutor. O dano físico no transdutor pode ser minimizado provendo-se uma blindagem na face frontal do transdutor. Um transdutor com uma blindagem 10 está mostrado nas figuras 2A-2B. O transdutor T é montado em um alojamento do transdutor 16. A blindagem 12 é posicionada no meio do transdutor T. O tamanho e forma da blindagem são desejavelmente feitos para
20 casar com o padrão de dano que o transdutor teria sem uma blindagem. Embora os padrões de danos mostrados nas figuras 1A-1B estejam centralizados no transdutor, diferentes aplicações médicas produzirão danos em diferentes áreas da face frontal. A blindagem não precisa ser colocada no centro, mas pode ser colocada em qualquer área da face frontal do transdutor desejada. É necessário apenas identificar a região onde provavelmente ocorre
25 dano e prover um transdutor com uma blindagem apropriada. A determinação de locais de danos (e, portanto, localizações ideais de blindagem) pode ser feita por meio de experimentação ou modelamento por computador. Vistas em seção transversal do transdutor com blindagem estão mostradas nas

figuras 2C-2G, e figuras 2I-2O.

A figura 2C ilustra uma modalidade com uma blindagem 12 colocada diretamente por cima da face do transdutor T sem nenhuma modificação nas camadas de casamento da camada piezoelétrica.

5 Na figura 2D está mostrada uma seção transversal onde a camada de metalização frontal 30f foi removida, juntamente com qualquer camada de casamento 26 que possa ser usada na face frontal do transdutor. A blindagem 12 é anexada diretamente na camada do material piezoelétrico 28. Para impedir que o material piezoelétrico sob a blindagem gere energia
10 ultrassônica quando o transdutor é acionado, duas regiões são eletricamente isoladas (ou separadas) do circuito do transdutor. Isso corresponde a uma região eletricamente isolada frontal 14f, e uma região eletricamente isolada posterior 14b. Isolamento elétrico pode ser obtido tanto traçando um par de folgas correspondentes nas camadas de metalização 30f, 30b (figura 2E),
15 quanto removendo as camadas de metalização nas regiões eletricamente isoladas, tal como a face frontal na figura 2D. As folgas traçadas podem ser circulares ou de qualquer forma desejada. A traçagem pode ser feita por qualquer meio capaz de criar um espaço de folga na camada de metalização grande o bastante para isolar eletricamente a região desejada. O espaço da
20 folga pode ser fisicamente traçado usando um dispositivo mecânico (como um molde de cortar biscoito), quimicamente removido, atacado a laser ou qualquer outro meio de remover a metalização. A folga pode também ser criada dispondo-se uma máscara na superfície do transdutor antes da metalização das superfícies do transdutor. Uma vez que o isolamento da
25 camada de metalização esteja completo, a máscara é removida (ver a seguir), criando o espaço de folga desejado.

A região não acionada do transdutor pode ser formada substituindo o material piezoelétrico no transdutor por um plugue, ou formando o transdutor de uma maneira que o material piezoelétrico seja

neutralizado e forme uma região não acionada. Exemplos são mostrados agora nas figuras 2F e 2G. Na figura 2F, uma região não acionada 32 é criada tanto substituindo o material piezoelétrico com uma matéria inerte que não produz vibrações ultrassônicas substanciais quando material piezoelétrico que é neutralizado quebrando a metalização antes de polar para produzir uma porção não polarizada e, portanto, substancialmente inativa, de material piezoelétrico. Alternativamente, o material piezoelétrico central pode ser isolado usando uma rosca ou arruela isolante 34.

Várias formas de região não acionada piezoelétrica estão mostradas nas figuras 2K-2O. As ilustrações mostram a metalização do lado frontal isolada para colocação da blindagem (figuras 2K-2M) ou o lado posterior isolado (figuras 2N-2O). Em todas essas figuras, o isolamento está também visto em seção transversal de um anel que estende-se do exterior das camadas, e desce até a camada piezoelétrico 28. Novamente, o anel é meramente ilustrativo e deve-se perceber que as camadas de metalização e camada de casamento podem ser completamente removidas na região não acionada, provendo ainda a mesma eficiência. Para impedir deslaminção ou contaminação em qualquer camada exposta do transdutor, o anel atacado ou outra abertura nas camadas de metalização ou casamento pode ser cheio com um material 36 para proteger a integridade estrutural do transdutor. Embora desejável, não é necessário remover a camada de metalização tanto na frente quanto a trás do transdutor para criar uma região de baixa atividade piezoelétrica 14.

A criação de uma região eletricamente isolada não é exigida a fim de que o transdutor com uma blindagem opere devidamente. Em uma modalidade alternativa, a camada piezoelétrica do transdutor não é operável na região onde a blindagem deve ser colocada. Uma região inativa da camada piezoelétrica pode ser construída no desenho do transdutor, ou removida do transdutor depois da fabricação (figuras 2F-2G). Em piezoeletricidade,

inatividade é parte do transdutor durante a construção, ela pode ser obtida cortando ou isolando uma região da camada de metalização. Isto faria com que uma folga isolante na camada de metalização tornasse a porção isolada eletricamente inativa. Esta área eletricamente isolada não produziria o efeito de polarização desejado no material piezoelétrico entre o plano isolado. Alternativamente, o volume do transdutor a tornar-se não acionado pode ser feito removendo-o fisicamente do transdutor.

A remoção física pode ser feita de inúmeras maneiras. Por exemplo, se o transdutor for colocado em um molde prensado com aberturas de casamento em cada lado, a área que se deseja remover pode ser perfurada. A abertura é desejavelmente cheia com um material ou composto que preserva a integridade estrutural do transdutor, sem afetar adversamente o desempenho do transdutor. Além disso, o material desejavelmente fornece um certo benefício de blindagem. Qualquer material adequado pode ser usado. Além de polímeros e ligas metálicas não oxidantes previamente descritas, metais condutores podem também ser adequados, uma vez que um metal condutor não afeta adversamente o desempenho, uma vez que não há atividade piezoelétrica na região não acionada. Deve-se tomar cuidado se for usado um metal condutor, de maneira a preservar o circuito usado para fazer o transdutor operar. O material de carga pode precisar de um isolamento não condutor, tal como um anel de borracha ou plástico.

Assim, existem inúmeras maneiras de criar a região não acionada 14 no transdutor antes da aplicação da blindagem 12. A blindagem 12 pode ser disposta na camada piezoelétrica física 28 ou em uma das camadas de metalização 30f, 26 na face frontal do transdutor T (figura 2E). Se o transdutor T tiver uma abertura com uma carga incorporada nela, o material da carga serve como uma blindagem (figura 2F).

Em uma outra modalidade, o transdutor pode ser feito com uma abertura, e a abertura pode ser preservada. Nesta modalidade, a parte de

trás do transdutor exige uma placa de suporte especial que incorpora uma camada de metalização, bem como uma camada de casamento de impedância acústica, de maneira a preservar as características de transmissão "para frente" efetivas do transdutor. Desejavelmente, o transdutor também tem um alojamento modificado para prover o suporte estrutural necessário para o transdutor quando ele estiver ativo. A blindagem para o transdutor nesta modalidade pode ser uma chapa ou copo revestido com a abertura através do transdutor para proteger o transdutor de trás. Uma vez que microfluxo ou cavitação pode apresentar um risco de danos físicos no transdutor, uma blindagem é ainda necessária para proteger o transdutor, mesmo se o padrão de microfluxo ou cavitação estender-se atrás do plano do transdutor.

O transdutor completo está mostrado em vista plana na figura 2G, e a seção transversal do perfil na figura 2I. O transdutor com a blindagem 10 tem um alojamento 16 para suporte estrutural. O alojamento pode ser de qualquer perfil ou forma adequada para o uso desejado do transdutor 26. Um elemento de blindagem 12 é colocado na superfície do transdutor para proteger o transdutor de danos físicos. O transdutor T está mostrado com ampliação na figura 2J. A camada piezoelétrica 28 está mostrada com uma camada de metalização frontal 30f e uma camada de metalização posterior 30b. Está também mostrada uma camada de casamento 26 na superfície frontal do transdutor. Um par de eletrodos 18, 20 é conectado nas camadas de metalização frontal e posterior para fornecer o circuito elétrico necessário para criar ultrassom. Os eletrodos 18, 20 são conectados em fios condutores 22, 24 que estendem-se até um gerador de energia elétrica (não mostrado). A camada piezoelétrica 28, camadas de metalização 30f, 30b e camada de casamento opcional 26 são coletivamente referidas como o transdutor T. Um transdutor HIFU pode ser modificado em um transdutor com uma blindagem, modificando-se a face frontal e posterior do transdutor apropriadamente.

Um molde é provido para modificação de um transdutor. A

forma básica do molde 120 está mostrada na figura 3A. O molde tem uma base 106 com um lado frontal 106f e um lado posterior 106b. Um anel guia 104 é conectado na base 106 para receber um transdutor T ou o alojamento do transdutor 16 (figura 3B). Um tubo ascendente 102 está mostrado anexado no lado frontal de base 106f. O tubo ascendente 102 tem uma extremidade anexada na base 106, e a outra extremidade projetada para fazer contato com a face frontal do transdutor. Em uma vista plana frontal, provida na figura 4A, o tubo ascendente 102 pode conter uma cavidade ou depressão 114. A depressão 114 pode ser formada no tubo ascendente 102, ou pode ser o resultado de a extremidade superior do tubo ascendente ter um rebordo 110.

O molde 120 está agora mostrado com mais detalhes nas figuras 4A-4G. Uma vista de topo é provida na figura 4A. O tubo ascendente 102 está mostrado posicionado centralmente, embora novamente seja importante lembrar que a posição do tubo ascendente pode ser ajustada para adaptar a qualquer porção da face frontal do transdutor. A frente do molde 106f fica voltada para a face do transdutor quando o molde é pressionado contra o transdutor ou o alojamento do transdutor, e o anel guia 104 é adaptado para receber o alojamento do transdutor 16. Um furo de ar opcional 108 é também provido. O furo de ar 108 pode ser usado para permitir a troca de gás entre o transdutor e o ambiente externo quando o transdutor e o molde são pressionados um contra o outro. A figura 4B mostra o lado posterior do molde com os recursos frontais apresentados em linhas pontilhadas.

Várias formas de tubo ascendente 102 são agora apresentadas. Em uma modalidade, existe um tubo ascendente com um rebordo serrilhado (figura 4D) usado para criar um traçado de forma circular na camada de casamento ou metalização na face do transdutor. O molde 120 seria pressionado contra a face do transdutor e o tubo ascendente 102 se estenderia suficientemente a partir da face frontal do molde para fazer contato com o transdutor. O molde e o transdutor podem então ser rotacionados um em

relação ao outro de maneira que a borda serrilhada do rebordo do tubo ascendente 112 inscreva um anel no transdutor e crie uma região eletricamente isolada.

Alternativamente, o tubo ascendente 102 pode ter uma
5 abertura no mesmo que estende-se da ponta do tubo ascendente e estende-se através da base do molde de forma que seja criado um furo de sondagem que dá acesso a uma região isolada da face do transdutor por fora do molde (figura 4E). Nesta modalidade, a região isolada pode ser criada atacando ou jateando com areia a porção exposta da face do transdutor através da abertura no tubo
10 ascendente.

Uma vez que a região eletricamente isolada seja criada, um tubo ascendente com altura suficiente para tocar a face do transdutor é agora usado para assistir na colocação da blindagem (figura 4C). Em uma modalidade, uma quantidade precisa de polímero líquido pode ser colocada na
15 região chanfrada 114 do tubo ascendente. O molde 120 é então colocado contra a face frontal do transdutor e todo o conjunto é invertido, de forma que a gravidade puxe o polímero líquido para a face frontal do transdutor. A região chanfrada 114 define o tamanho e profundidade da blindagem, e ajuda manter o polímero no lugar enquanto ele seca.

20 Perfis recortados de duas formas do molde estão mostrados nas figuras 4F e 4G. Na figura 4F, o tubo ascendente 102 está mostrado com uma região chanfrada 114. Na figura 4G, o molde está mostrado com uma abertura 116 que passa através do lado de trás 106b até o topo do tubo ascendente 102.

Várias formas alternativas de um transdutor com uma
25 blindagem são agora providas. Na figura 5A, o transdutor T está mostrado com uma impressão retangular. O transdutor pode ter uma curvatura ao longo do comprimento e largura de sua forma retangular de maneira tal que, quando o transdutor é usado, uma região em forma de "osso de cachorro" linear comprida pode sofrer efeitos adversos de energia HIFU. Neste caso, a

blindagem 12 é modelada para cobrir substancialmente a região que apresentaria deslaminção decorrente dos efeitos adversos de operações HIFU. Uma seção transversal do transdutor retangular está mostrada na figura 5B.

Em uma outra modalidade, o transdutor é bisseccionado em duas regiões de transmissão T1, T2 por uma única blindagem que forma uma tira através da face do transdutor (figura 5C). Múltiplas regiões e blindagens são possíveis e variações dependem meramente de planejamento e formação das blindagens da maneira desejada.

Exemplos de fabricação de um transdutor com uma blindagem são agora providos. Em um primeiro exemplo não limitante, um transdutor existente pode ser usado e modificado para ter uma blindagem.

EXEMPLO 1: Isolamento Elétrico

O processo de converter um transdutor HIFU existente está mostrado começando na figura 6A. Aqui, o transdutor T está mostrado montado em um alojamento. Um molde com uma abertura 120 é montado sobre a face do transdutor T e do alojamento 16. Desejavelmente, o tubo ascendente 102 toca a face frontal do transdutor quando o anel guia é devidamente montado em torno do alojamento do transdutor. O molde com a abertura 120 é desejavelmente preso no alojamento do transdutor de forma que o molde não se mova ou fique instável durante as etapas do processo que se seguem. Uma vez que o molde com a abertura 120 é devidamente colocado sobre o transdutor, a superfície do transdutor pode ser feita rugosa para promover adesão física da blindagem posteriormente. Vários mecanismos podem ser usados para formar a rugosidade na superfície do transdutor. Métodos usando lasers, produtos químicos, ataque mecânico (tal como jateamento com areia mostrado na figura 6c), ou esmerilhamento (figura 6C') podem ser usados.

A parte de trás do transdutor pode ser tratada de uma maneira

similar, permitindo a remoção da camada de metalização em uma área superficial correspondente à área onde a superfície frontal tornou-se mais rugosa. Desejavelmente, a face de suporte do transdutor tem a camada de metalização tanto traçada para casar com a superfície rugosa na frente, quanto
5 tem a metalização removida em uma área que casa substancialmente com a área rugosa na frente, de forma que, quando a parte de trás é eletricamente carregada, a área correspondente da face traseira do transdutor não forme um circuito com a superfície frontal. Desta maneira, é criada uma região não acionada piezoelétrica do transdutor. Este lado de trás pode ser criado usando
10 um molde similar à maneira descrita para fabricar uma área rugosa na superfície frontal. Alternativamente, uma prensa de núcleo, esmeril, laser, dispositivo de ataque químico e vários outros métodos de isolar a região são modalidades viáveis.

Uma vez a extremidade frontal tornou-se rugosa, o molde é
15 removido da face do transdutor e o transdutor é limpo de qualquer sujeira (figuras 6D-6E). Um molde com um tubo ascendente sólido 102 com um pequeno rebaixo 114 no tubo ascendente é agora usado para colocar a blindagem no lugar na face do transdutor (figuras 6F-6H). Um volume medido de um polímero P é colocado no rebaixo 114 enquanto o molde 120
20 está com o lado frontal 106f voltado para cima. O transdutor T é então colocado no molde 120 de forma que o polímero entre em contato físico com a face do transdutor, e o polímero possa ligar e se ajustar na face do transdutor. Preferivelmente o polímero não se liga no molde 120 e, se necessário, o rebaixo pode ser tratado com um agente antiaderente para
25 impedir que o polímero se ligue no molde. O molde 120 e o transdutor T são isolados por um tempo suficiente para permitir que o polímero se ligue na face do transdutor e forme a blindagem 12. Uma vez que o polímero tenha endurecido no lugar, o molde é removido.

Deve-se entender que o tamanho e profundidade da blindagem

podem ser facilmente controlados variando-se o tamanho do rebaixo, e o volume do polímero colocado no rebaixo antes do processo de ligação. Desejavelmente, o rebaixo tem um volume predeterminado projetado para prover o nível desejado de proteção contra danos mecânicos que a blindagem tem que prover. Colocado de forma simples, uma maior blindagem exige um maior volume de polímero, e assim é necessário um rebaixo de maior volume no molde.

EXEMPLO II: Abertura com Carga

Em um outro exemplo, o transdutor com uma blindagem pode ser formado removendo-se a região do transdutor que é projetada para ser não acionada. Isto pode ser conseguido de uma variedade de maneiras. Em uma modalidade de criar a região não acionada pela remoção, o material no volume do transdutor projetado para ser não acionado pode ser fisicamente removido. O transdutor pode ser suportado de qualquer maneira apropriada e o volume apropriado removido por perfuração, corte ou de outra forma pela destruição desse volume projetado de material piezoelétrico.

Uma vez que o volume apropriado tenha sido removido, as bordas da abertura são desejavelmente alisadas para prover uma borda regular para geração de ultrassom uniforme do restante do transdutor. A abertura pode agora ser revestida com um material não condutor para preservar a integridade do circuito e prover maior integridade estrutural em torno do aro da abertura. Além do mais, a abertura pode agora ser cheia com material adicional. O revestimento da abertura e o material da carga podem ser os mesmos materiais, ou o material da carga pode ser um material com os atributos desejáveis de absorção/deflexão de energia mecânica, ou propriedades ablativas. O material da carga pode ser feito na mesma curvatura do transdutor, ou pode ser modelado para melhorar a deflexão ou absorção de energia mecânica.

O material da carga que serve como uma blindagem pode

também ser axialmente posicionado detrás da face do transdutor, e ter dimensões adicionais para proteger o revestimento da abertura, se necessário.

EXEMPLO III: Cerâmica não acionada

Ainda em uma outra modalidade, a região não acionada pode ser criada propositadamente tornando a cerâmica na região não acionada não responsiva a impulsos elétricos cortando a camada de metalização antes da etapa de polarizar. Isto causaria uma folga isolante na camada de metalização, tornando a porção isolada eletricamente inativa. O efeito da polarização desejada no material piezoelétrico isolado não seria produzido.

Embora a invenção tenha sido descrita em inúmeras modalidades, várias modificações ficarão aparentes aos versados na tecnologia mediante estudo da presente revelação que não fogem do espírito ou escopo da presente invenção definidos pelas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Transdutor ultrassônico focado de alta intensidade médico blindado, caracterizado pelo fato de que tem um lado frontal, um lado posterior e uma blindagem anexada no dito lado frontal.

5 2. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o volume do transdutor por baixo da dita blindagem tem menos atividade piezoelétrica do que aquelas áreas não cobertas pela dita blindagem.

10 3. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o dito transdutor tem uma região ativamente acionada, e uma região substancialmente não acionada, em que a região substancialmente não acionada é pelo menos parcialmente coberta pela dita blindagem.

15 4. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita região ativamente acionada é concêntrica em torno da dita região não acionada.

5. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a blindagem é feita de um polímero.

20 6. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita região substancialmente não acionada é eletricamente isolada da dita região ativamente acionada.

7. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita região substancialmente inativa consiste em um ou mais materiais não piezoelétricos.

25 8. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a blindagem é posicionada de forma substancialmente central no dito lado frontal.

9. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a blindagem é posicionada axialmente detrás do dito lado frontal.

10. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a blindagem é dimensionada para proteger substancialmente o dito lado frontal de danos quando o dito transdutor é acionado.

5 11. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a blindagem é ablativa.

12. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a blindagem é absorativa.

13. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a blindagem é substituível.

10 14. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a blindagem é feita de uma liga.

15 15. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um material de carga não condutor entre a(s) dita(s) região(s) não acionada(s) e a(s) dita(s) região(s) ativamente acionada(s).

16. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente pelo menos uma região inativa não acionada adicional com uma blindagem.

20 17. Transdutor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita blindagem é formada de dois ou mais diferentes materiais.

25 18. Transdutor ultrassônico focado de alta intensidade médico, caracterizado pelo fato de que tem um lado frontal substancialmente arqueado, e uma abertura no mesmo alinhada substancialmente normal ao dito lado frontal.

19. Transdutor de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente um inserto posicionado dentro da dita abertura.

20. Transdutor de acordo com a reivindicação 19,

caracterizado pelo fato de que o inserto é feito de um material não piezoelétrico.

21. Inserto de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que o inserto compreende adicionalmente um anel de um material
5 não piezoelétrico e um núcleo.

22. Inserto de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que o núcleo é feito de um polímero.

23. Aparelho para isolar uma área superficial de um transdutor, caracterizado pelo fato de que compreende:

10 uma base que tem uma face externa, uma face interna e uma impressão substancialmente casando com o tamanho do transdutor;

um anel guia conectado na dita base, o dito anel guia capaz de receber o dito transdutor; e

15 um tubo ascendente que estende-se da dita base até o dito transdutor, o dito tubo ascendente tendo uma extremidade de base e uma extremidade de contato, de maneira tal que a dita extremidade de contato possa apoiar-se em uma face do transdutor quando o dito transdutor é recebido pelo dito anel guia.

24. Aparelho de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma abertura que estende-se
20 através do dito tubo ascendente e a dita base de maneira tal que uma região da dita face do transdutor fique acessível pela dita face externa.

25. Aparelho de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que o dito tubo ascendente compreende adicionalmente um
25 rebaixo em um plano de contato entre o dito tubo ascendente e o dito transdutor.

26. Aparelho de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que o dito tubo ascendente compreende adicionalmente um rebordo.

27. Tubo ascendente de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que o dito rebordo é serrilhado.

28. Aparelho de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que a dita base compreende adicionalmente uma segunda
5 abertura que estende-se através dela.

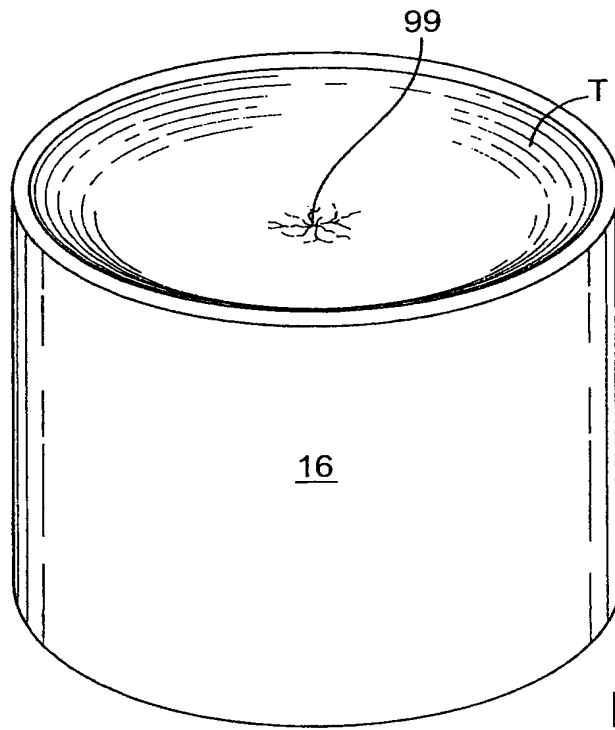


FIG. 1A

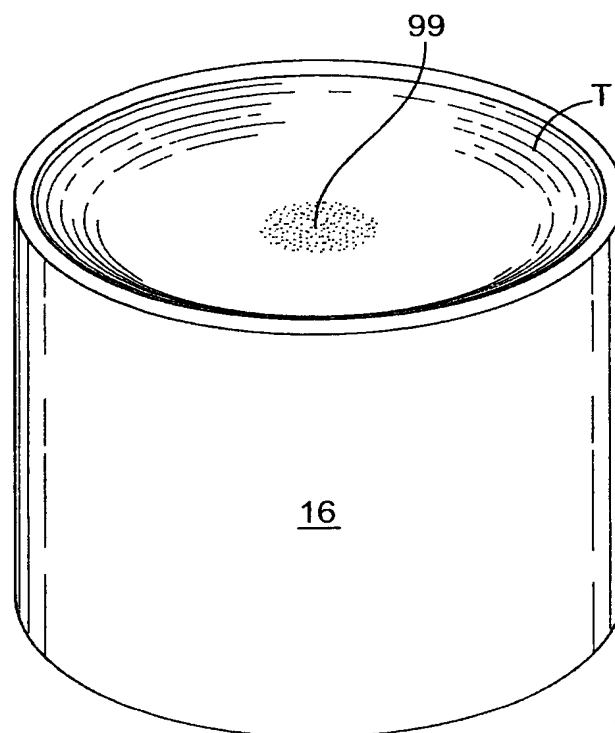


FIG. 1B

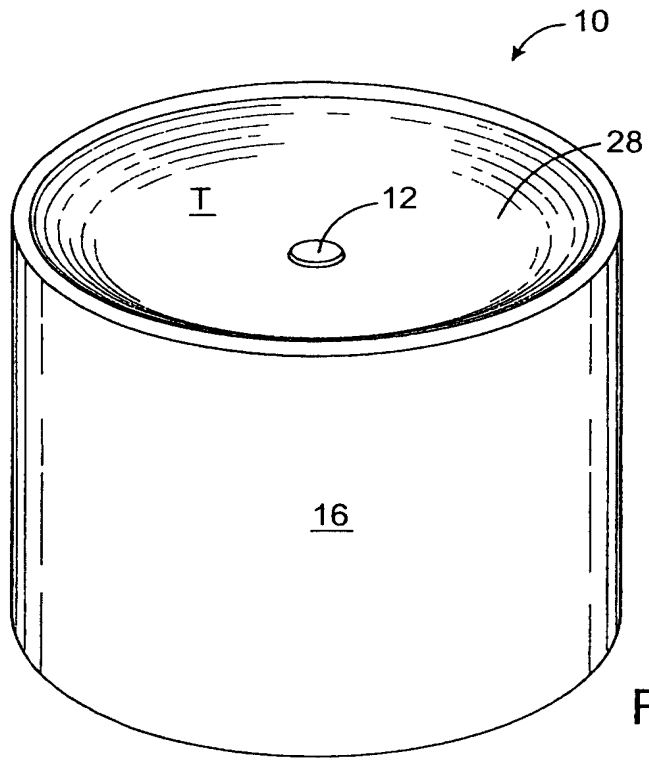


FIG. 2A

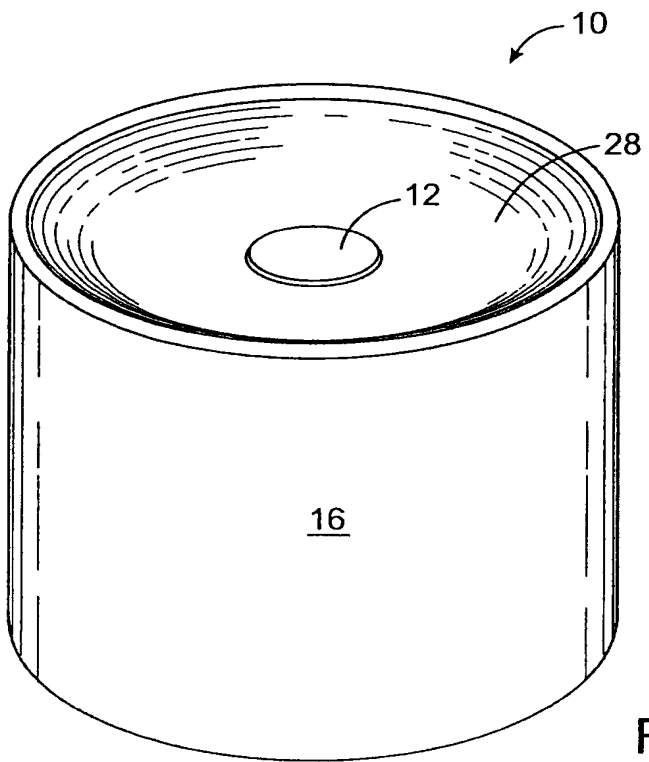
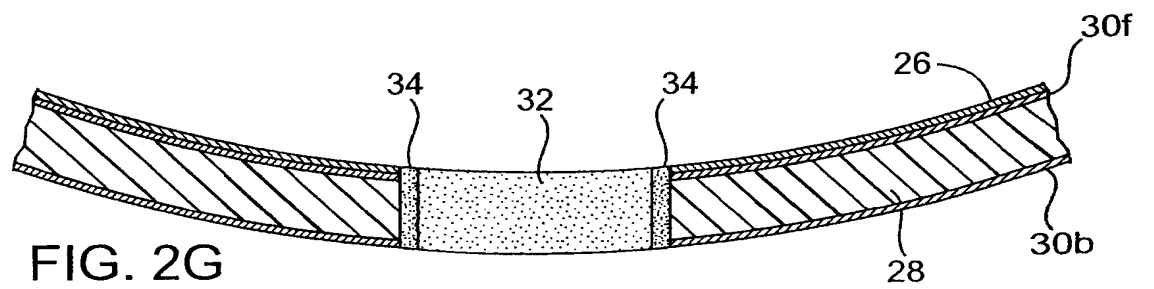
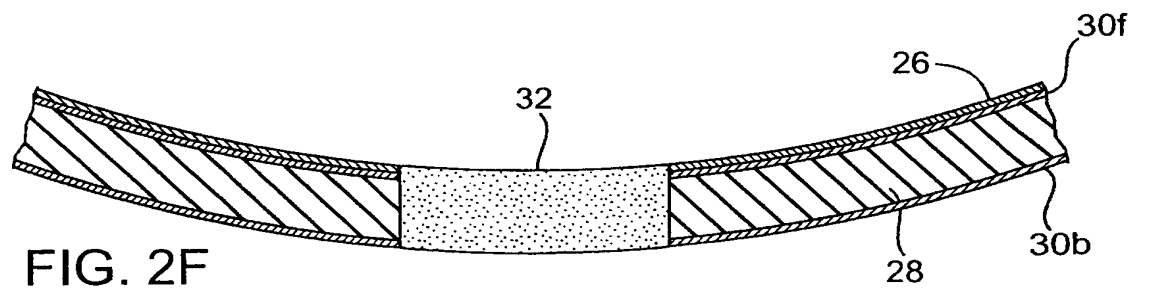
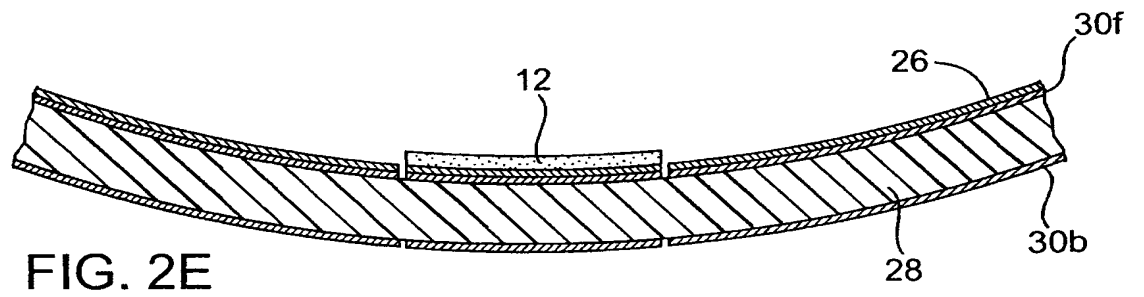
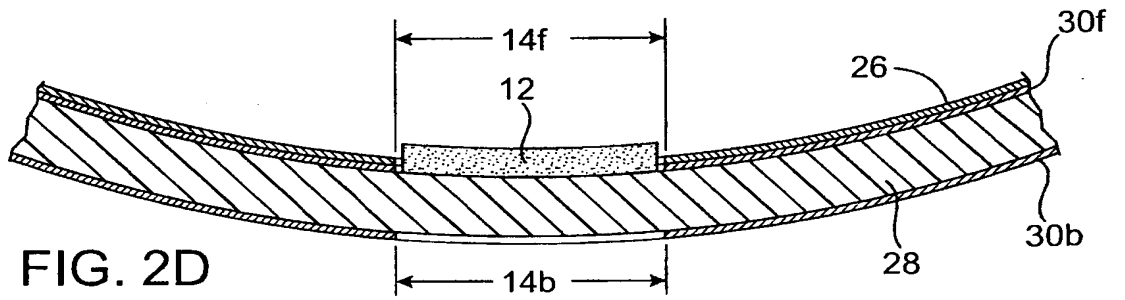
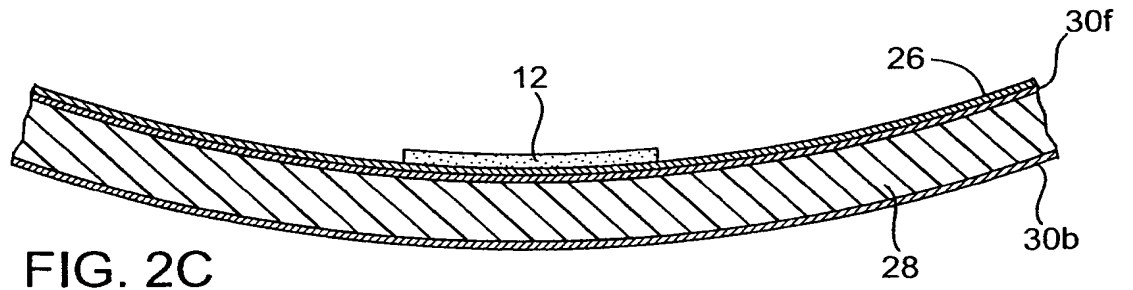
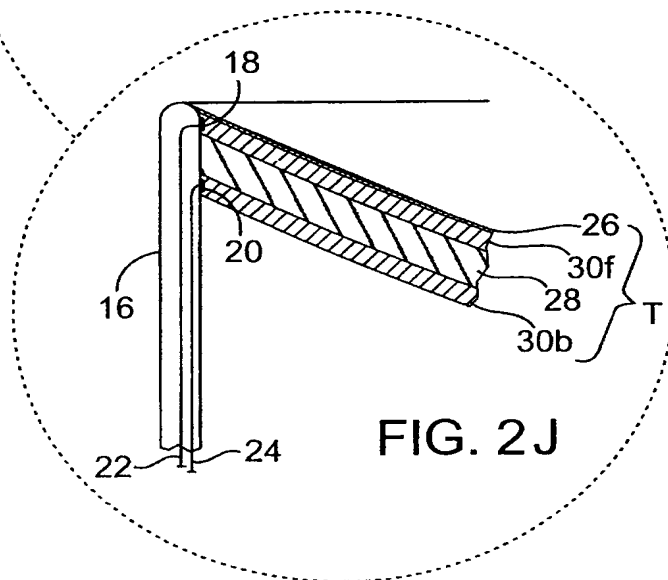
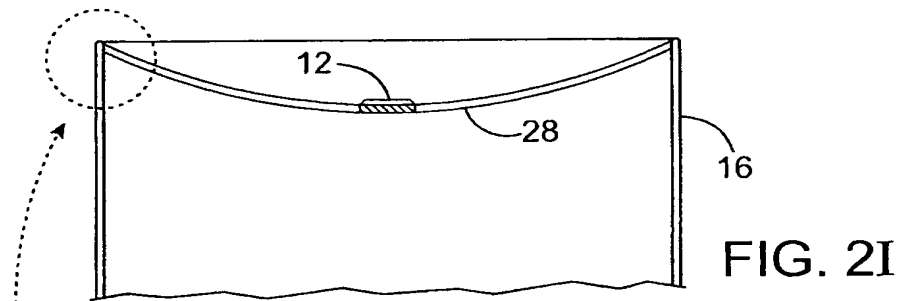
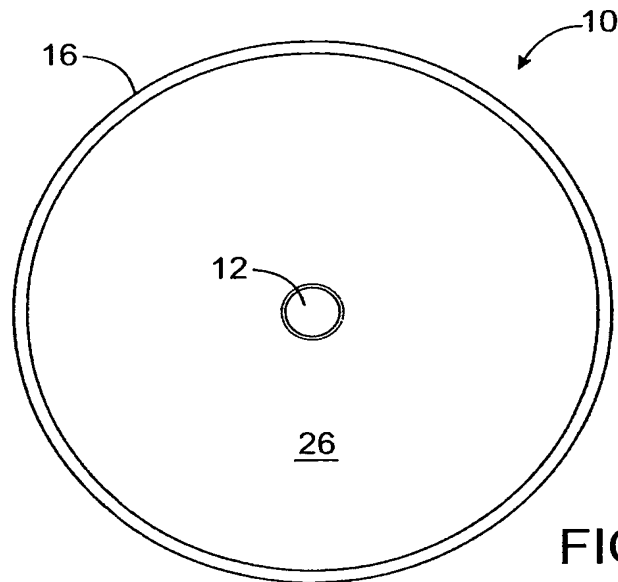


FIG. 2B





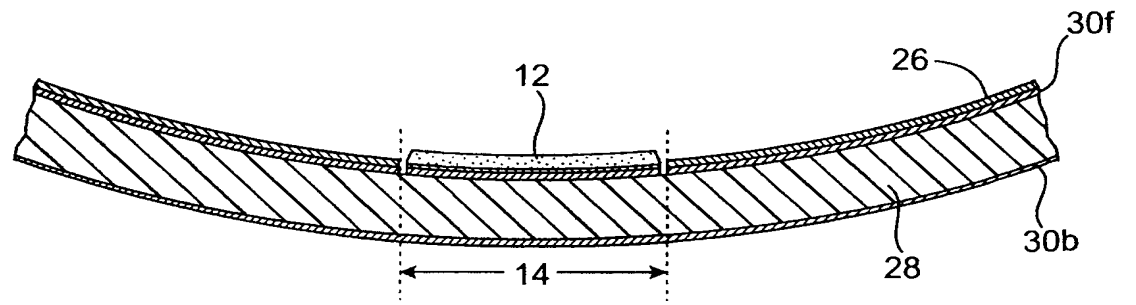


FIG. 2K

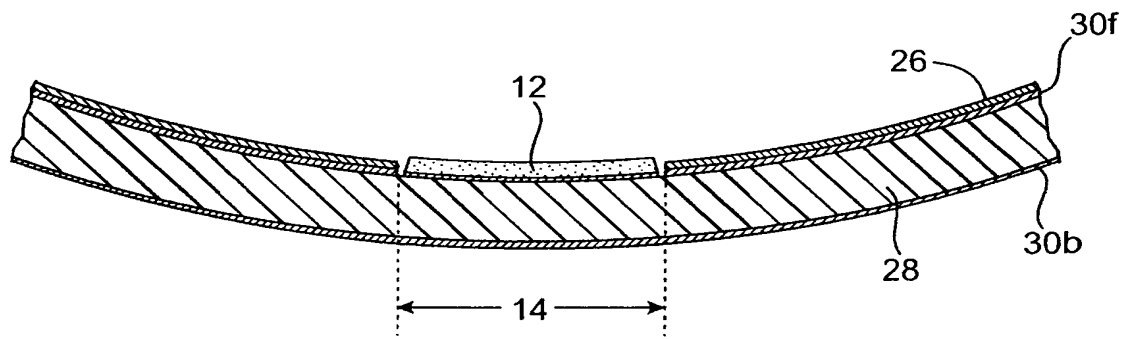


FIG. 2L

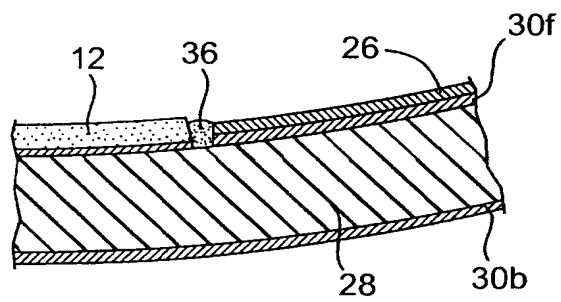


FIG. 2M

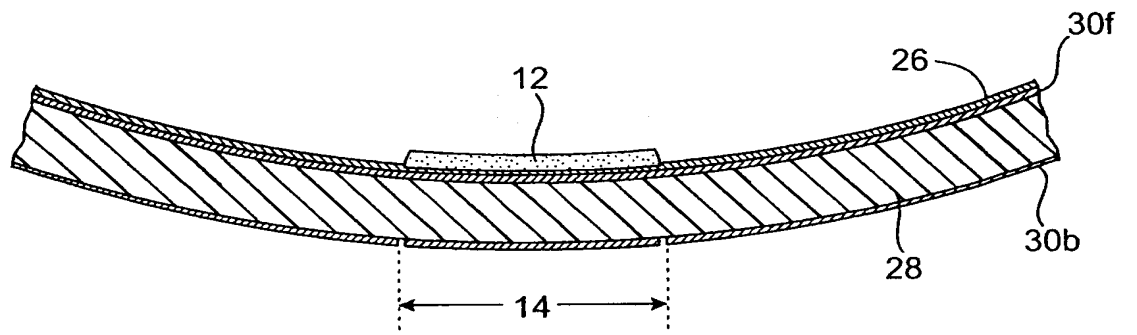


FIG. 2N

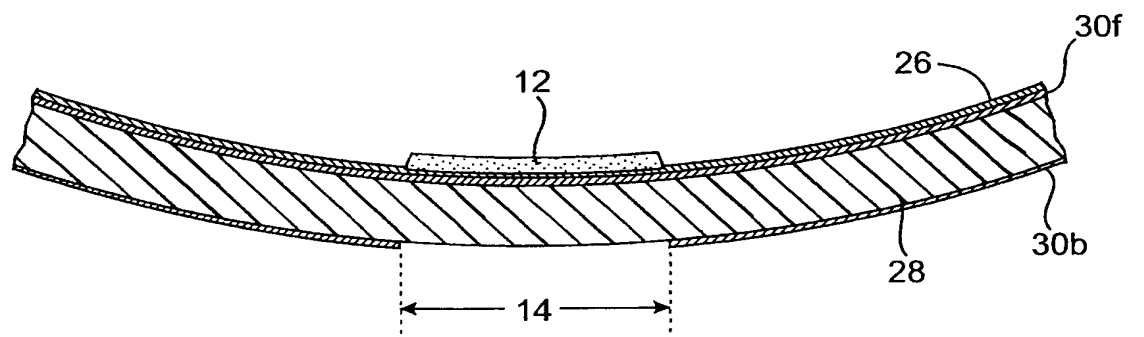


FIG. 2O

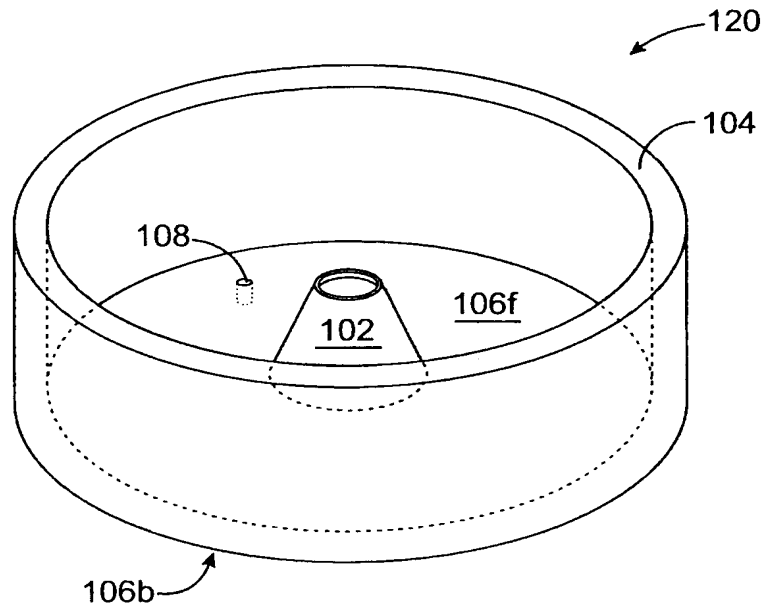


FIG. 3A

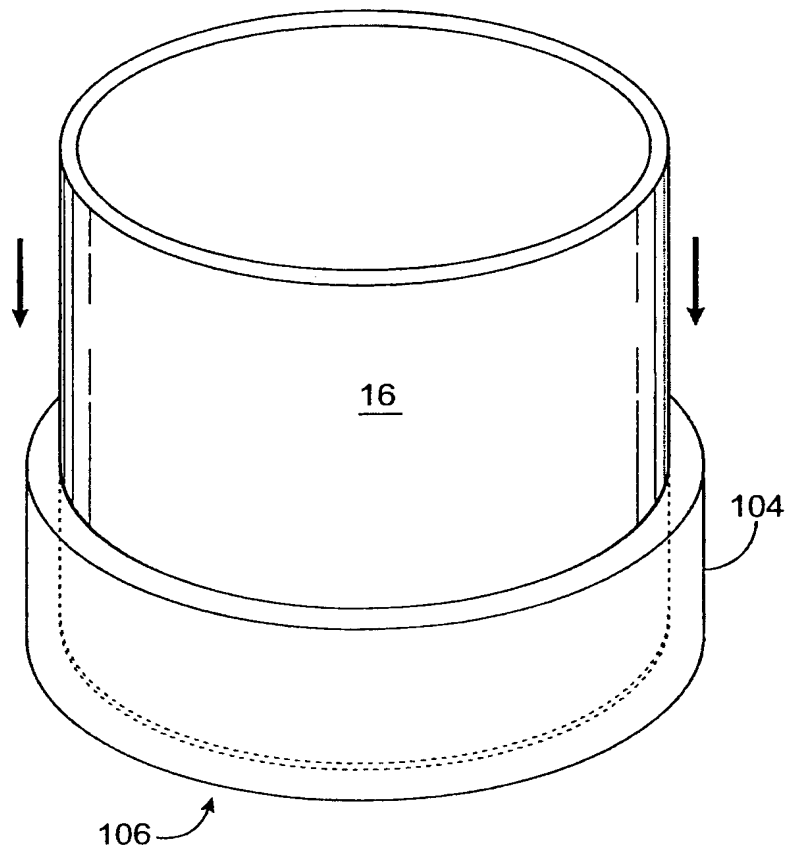


FIG. 3B

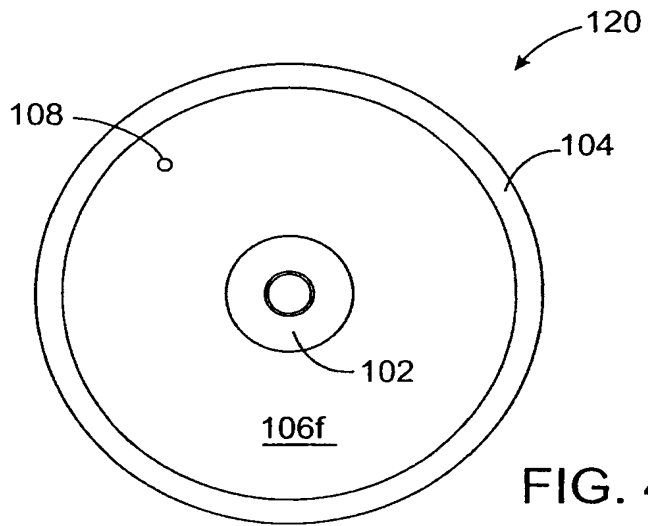


FIG. 4A

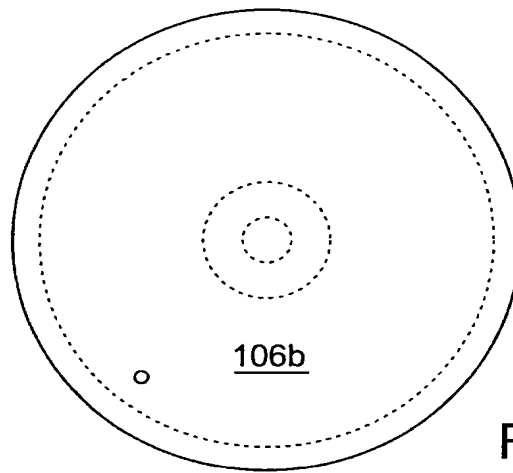


FIG. 4B

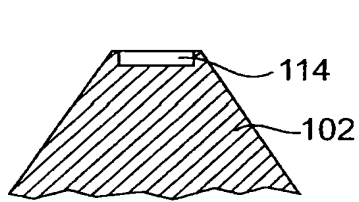


FIG. 4C

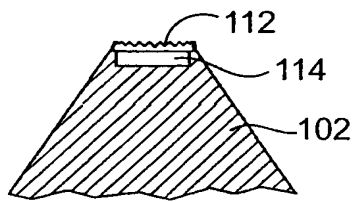


FIG. 4D

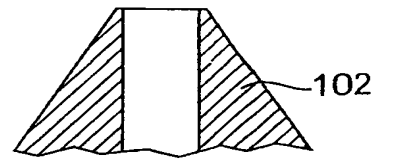


FIG. 4E

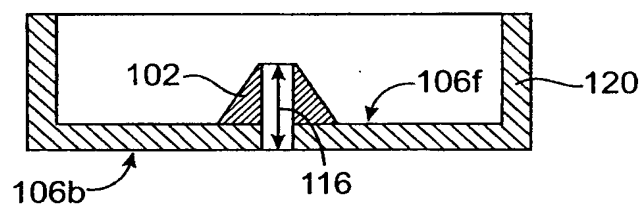
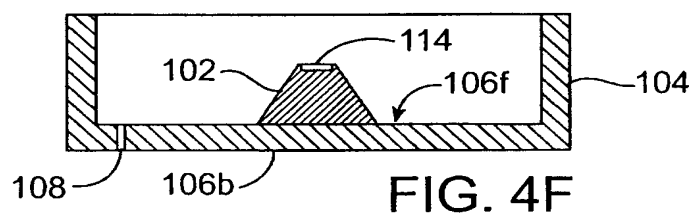


FIG. 4G

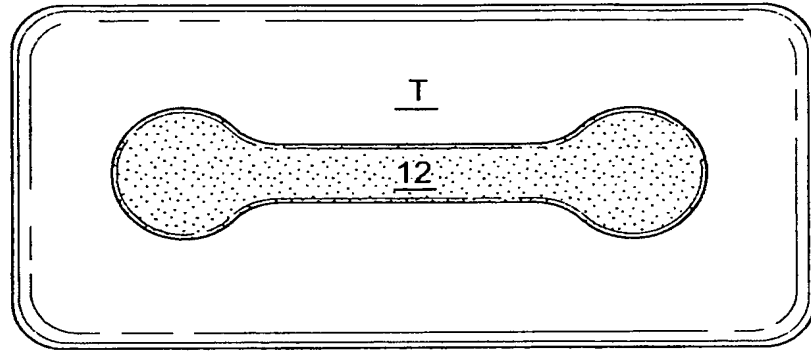


FIG. 5A

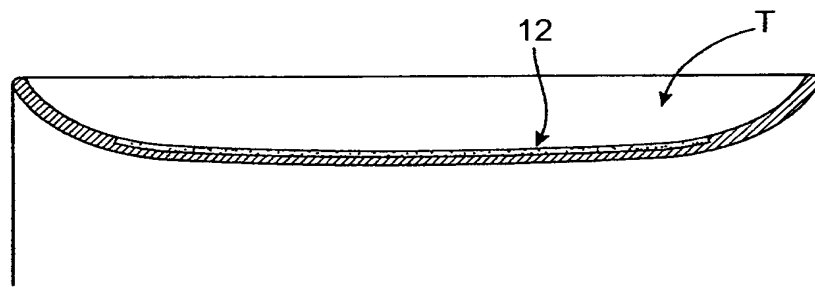


FIG. 5B

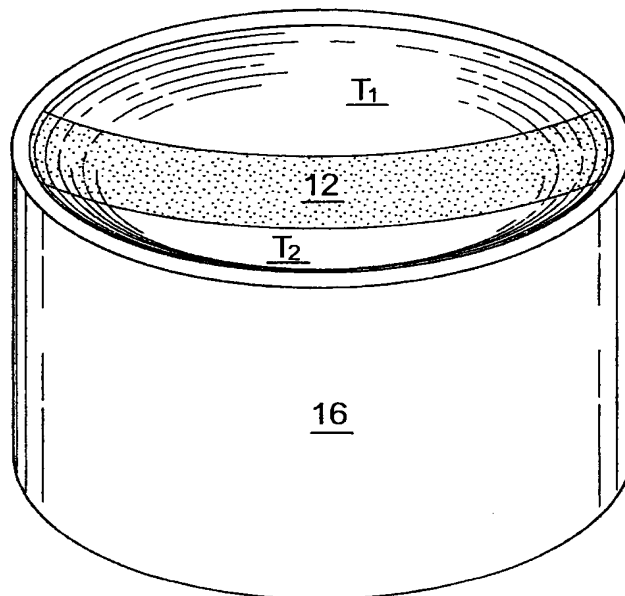


FIG. 5C

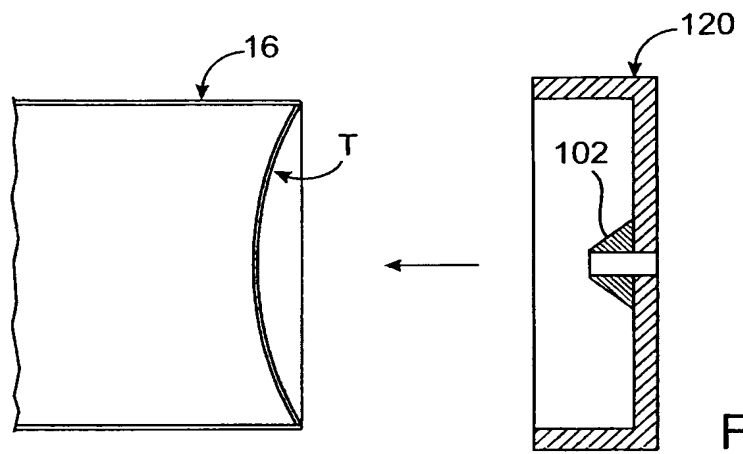


FIG. 6A

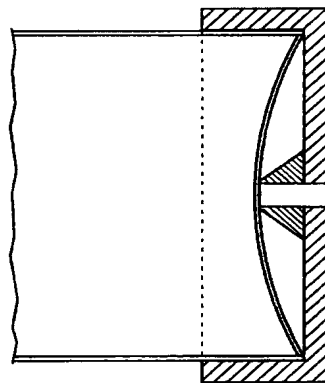


FIG. 6B

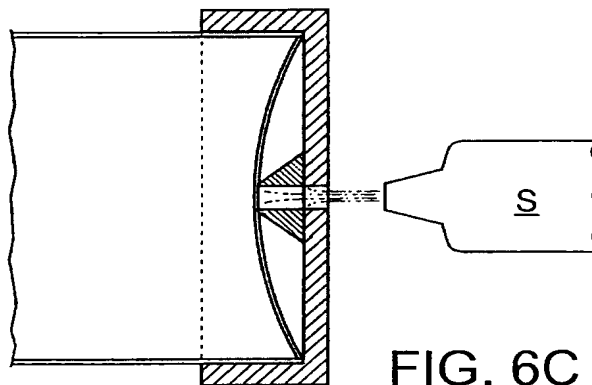


FIG. 6C

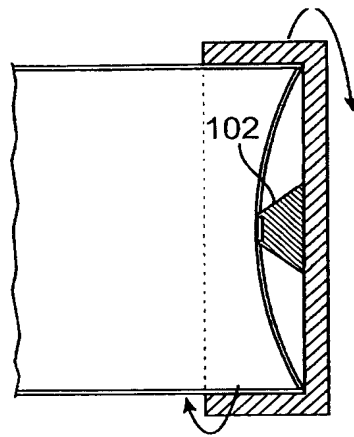


FIG. 6C'

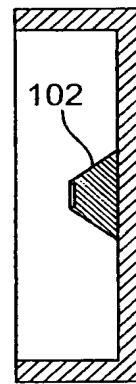
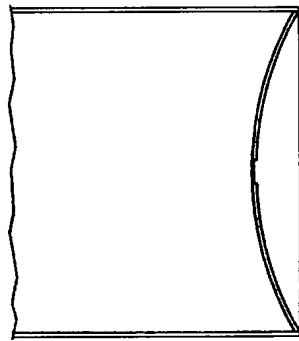


FIG. 6D

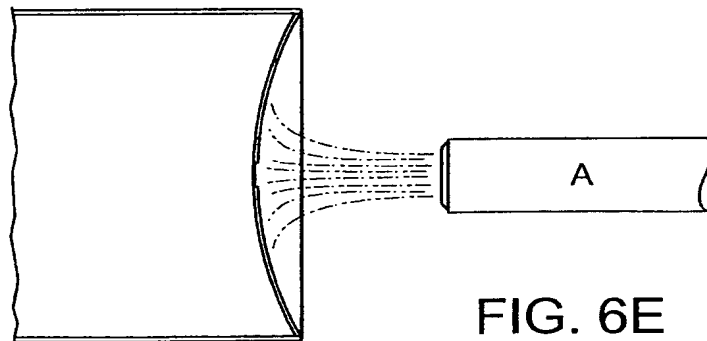
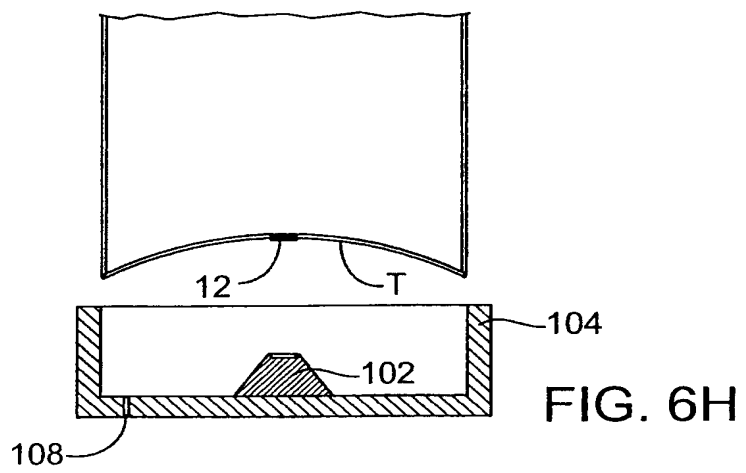
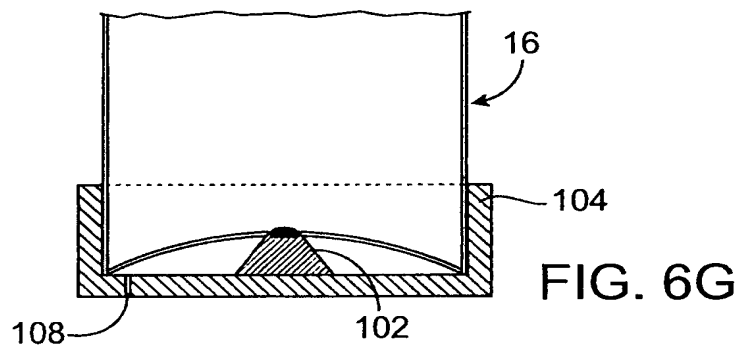
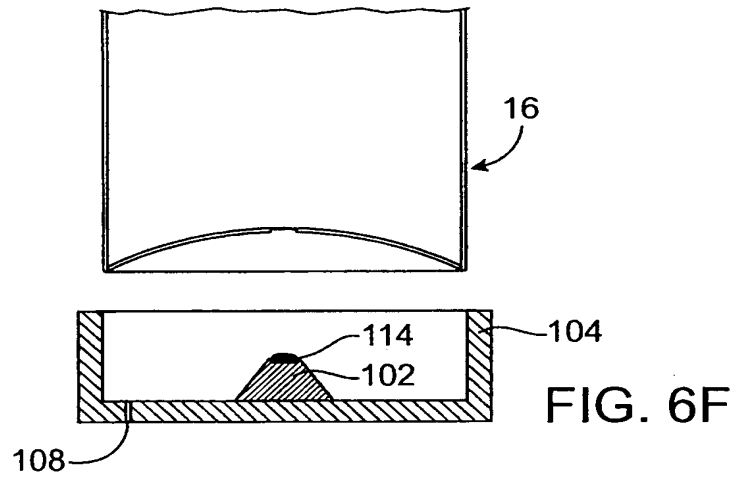


FIG. 6E



RESUMO

“TRANSDUTOR ULTRASSÔNICO FOCADO DE ALTA INTENSIDADE, INSERTO, APARELHO PARA ISOLAR UMA ÁREA SUPERFICIAL DE UM TRANSDUTOR, E, TUBO ASCENDENTE”

5 É descrita uma blindagem física colocada na face de um transdutor ultrassônico focado de alta intensidade para aplicações médicas. A blindagem pode ser modelada ou angulada para casar com um padrão particular de energia mecânica ou acústica que pode danificar o transdutor durante operação. A blindagem pode ser ablativa, substituível ou modificada
10 de acordo com a necessidade. Métodos de fabricação de um transdutor com uma blindagem são também revelados.