



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

(21) **PI0710282-8 A2**

(22) Data de Depósito: 17/04/2007
(43) Data da Publicação: 09/08/2011
(RPI 2118)



(51) *Int.Cl.:*
G01V 1/00 2006.01

(54) Título: **SISTEMA E MÉTODO PARA GERAR E CONTROLAR ONDAS ACÚSTICAS CONDUZIDAS PARA EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA**

(30) Prioridade Unionista: 17/04/2006 US 60/792.420,
10/10/2006 US 60/850.685

(73) Titular(es): Soundblast Technologies LLC

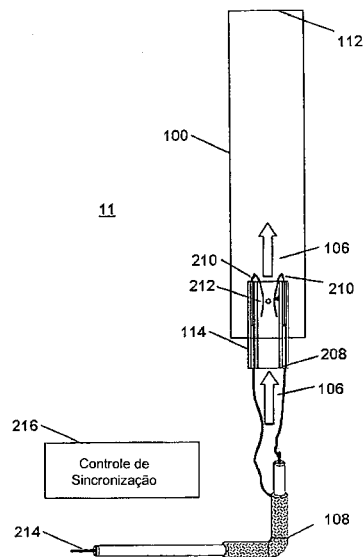
(72) Inventor(es): Larry W. Fullerton

(74) Procurador(es): Nellie Anne Daniel-Shores

(86) Pedido Internacional: PCT US2007009441 de 17/04/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/051296 de 02/05/2008

(57) Resumo: SISTEMA E MÉTODO PARA GERAR E CONTROLAR ONDAS ACÚSTICAS CONDUZIDAS PARA EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA Um sistema e método aperfeiçoado para gerar e controlar ondas acústicas conduzidas para exploração geofísica são fornecidos. Uma pluralidade de ondas de sobrepressão é gerada por pelo menos um gerador de onda de sobrepressão compreendendo pelo menos um tubo de detonação tendo uma extremidade aberta. O pelo menos um gerador de onda de sobrepressão é orientado, assim a pluralidade de ondas de sobrepressão não é direcionada diretamente na direção de um meio alvo. A força de recuo do pelo menos um gerador de onda de sobrepressão ocorrendo durante geração da pluralidade de ondas de sobre-pressão é acoplada ao meio alvo para gerar ondas acústicas conduzidas. A sincronização da geração da pluralidade de ondas de sobrepressão pode ser de acordo com um código de sincronização e pode ser usada para direcionar as ondas acústicas conduzidas para uma localização de interesse no meio alvo.





“SISTEMA E MÉTODO PARA GERAR E CONTROLAR ONDAS ACÚSTICAS
CONDUZIDAS PARA EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA”

REFERÊNCIA CRUZADA A PEDIDOS RELACIONADOS

Este pedido reivindica prioridade para o pedido de patente provisório US
5 60/792.420 depositado em 17 de abril de 2006, e para o pedido de patente provisório US
60/850.683 depositado em 10 de outubro de 2006, os quais estão incorporados neste do-
cumento por meio desta referência. Este pedido também é relacionado a um pedido de pa-
tente provisório US depositado concorrentemente em 10 de outubro de 2006, intitulado “A
System and Method for Generating and Directing Very Loud Sounds”.

10 CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção diz respeito, de uma maneira geral a um sistema e método pa-
ra gerar e controlar uma onda de sobrepressão. Mais particularmente, a presente invenção
diz respeito a controlar a detonação de uma mistura combustível-oxidante fluindo dentro de
uma estrutura tubular para gerar, direcionar e focalizar uma onda de sobrepressão. A pre-
15 sente invenção também diz respeito a um sistema e método para acoplar a força de recuo,
isto é, a força para trás ou reativa produzida pela geração da onda de sobrepressão, a um
meio alvo a fim de produzir uma onda acústica conduzida que possa ser usada para explo-
rar ou de outro modo caracterizar uma região de interesse dentro do meio alvo. Mais particu-
larmente, a presente invenção também diz respeito a controlar a força de recuo causada
20 pela detonação de uma mistura combustível-oxidante fluindo dentro de uma ou mais estrutu-
ras tubulares para gerar e controlar ondas acústicas conduzidas para propósitos de explora-
ção geofísica.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

Uma onda de sobrepressão é uma pressão de ar transitória, tal como a onda de
25 sopro proveniente de uma explosão, a qual é maior do que a pressão atmosférica circundan-
te. Tais ondas de sobrepressão se originam no ponto de detonação da explosão e tipicamen-
te se propagam para fora do ponto de detonação em todas as direções. Tais explosões tam-
bém podem envolver a liberação de calor intenso.

Vários métodos são freqüentemente empregados para fazer com que uma onda de
30 sobrepressão seja conduzida em uma direção desejada. Por exemplo, métodos de carga
direcionada podem envolver colocação de um explosivo contra um objeto capaz de susten-
tar o sopro (por exemplo, uma grossa estrutura de concreto), de maneira que a energia da
explosão será direcionada para fora do objeto. De forma similar, vários métodos para ‘cargas
modeladas’ são usados para fazer com que a maior parte da energia de uma explosão seja
35 direcionada em uma direção desejada. De forma similar, barreiras de sopro tais como pare-
des de concreto ou sapatas feitas de terra são freqüentemente usadas para redirecionar a
energia de potenciais explosões para longe de propriedades valiosas tais como edifícios. A

patente Grã-Bretanha GB 1.269.123 descreve detonação de etileno e oxigênio em tubos de combustão e uso da onda de detonação para revestimento, acionamento de um motor a turbina e para propulsão de foguete. As patentes Estados Unidos 4.662.844 e 4.664.631 descrevem inflamar misturas de combustível e oxidante dentro de câmaras de combustão para produzir uma onda de combustão detonante para simular efeitos de armas de fogo. A patente Estados Unidos 5.864.517 descreve um gerador de onda acústica de combustão pulsada para produzir ondas acústicas que podem ser usadas para incapacitação não letal, dano, ou imobilização para controlar multidão ou autodefesa; detonação de mina; controle de animais selvagens; limpeza acústica; e disparar avalanches. Estes métodos são similares em que eles fazem com que uma onda de sobrepressão seja direcionada para fora da extremidade aberta de um tubo de detonação. Como tal, vários métodos existem para direcionar ondas de sobrepressão.

É desejável, entretanto, ter um sistema e método aperfeiçoado para gerar e controlar ondas de sobrepressão para propósitos úteis.

Ondas de choque sísmico introduzidas no solo são freqüentemente usadas em sistemas de exploração geofísica. Tais ondas de choque sísmico são tipicamente introduzidas, ou conduzidas, no solo usando explosivos ou um acoplador de vibração. O uso de explosivos para tais propósitos é perigoso, caro, e o sopro resultante é difícil de controlar precisamente. O transporte de um acoplador de vibração tipicamente exige um caminhão de 5 a 10 t e ele é demorado para configurar.

A patente Grã-Bretanha 934.749 revela um sistema de gerador acústico e exploração sísmica onde uma câmara de combustão de extremidade aberta é usada para gerar pulsos de energia acústica que são direcionados para baixo dentro da água ou do solo e um detector sísmico é usado para detectar reflexões dos pulsos para avaliação sísmica.

As patentes Estados Unidos 3.235.026 e 4.043.420 descrevem câmaras de detonação fechadas fixadas ao solo por meio de placas de fundo onde uma detonação de uma mistura oxigênio-combustível-oxidante produz uma onda de choque que aplica um impulso compressivo contra cada placa de fundo e a superfície da terra na qual ela se apóia iniciando assim uma onda sísmica para a subsuperfície. As patentes revelam formas alternativas de absorvedores de choque que causam uma abertura nas câmaras de detonação para ventilar fumaça de exaustão.

A patente Estados Unidos 5.864.517 declara que “pela introdução de ondas de som no solo e gravação das suas reflexões, cientistas podem determinar a composição das subcamadas da terra” e que um gerador de onda acústica de combustão pulsada “pode gerar ondas de som precisas em intervalos exatos para aumentar a quantidade de informação que pode ser ganha” de estudos de exploração geofísica. Esta técnica anterior, entretanto, não mostra como tais ondas de som precisas em intervalos exatos podem ser geradas.

Uma abordagem de exploração geofísica alternativa inventada pelo presente inventor e descrita na Patente Estados Unidos 6.360.173 usa um tubo de detonação como uma fonte sísmica impulsiva para gerar uma seqüência de formas de ondas monocíclicas de tempo codificado que se propagam pelas estruturas e/ou propriedades geofísicas fazendo com que as estruturas e/ou propriedades geofísicas retornem ecos, e um dispositivo de sensoriamento para detectar dados que são representativos dos ecos.

É desejável ter um sistema e método aperfeiçoado para introduzir energia no solo ou em um outro meio para propósitos de exploração.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Resumidamente, a presente invenção é um sistema e método aperfeiçoado para gerar ondas de sobrepressão tendo uma magnitude desejada. Uma mistura combustível-oxidante tendo características de combustão desejadas é introduzida em uma taxa de fluxo desejado em uma estrutura tubular. Em uma modalidade exemplar, a estrutura tubular compreende um tubo de detonação tendo um comprimento e um diâmetro especificados. A mistura combustível-oxidante fluindo é detonada em uma extremidade do tubo de detonação pela introdução de uma centelha dentro da mistura combustível-oxidante fluindo. Um impulso de detonação resultante percorre o comprimento do tubo de detonação à medida que ele inflama a mistura combustível-oxidante fluindo remanescente dentro dele. As características de combustão e a taxa de fluxo da mistura combustível-oxidante podem ser selecionadas para controlar a energia do impulso de detonação. Um ou mais tubos de detonação adicionais tendo diâmetros graduados (isto é, maiores e de modo crescente) podem ser combinados opcionalmente com o tubo de detonação inicial para criar uma combinação de tubos de detonação graduados fazendo com que o impulso de detonação seja amplificado à medida que ele se desloca através de cada tubo de detonação sucessivo tendo um maior diâmetro.

De acordo com uma primeira modalidade exemplar da invenção, o tubo de detonação (ou combinação de tubos de detonação graduados) tem uma extremidade aberta da qual uma onda de sobrepressão é projetada em uma direção desejada. De acordo com um arranjo, múltiplos tubos de detonação (ou combinações de tubos de detonação graduados) são co-localizados e agrupados em uma das várias configurações possíveis fazendo com que as suas ondas de sobrepressão projetadas sejam combinadas. O valor das ondas de sobrepressão projetadas combinadas é igual ao número de tubos de detonação, N , vezes a sobrepressão projetada por um único tubo de detonação. A energia combinada de campo distante das ondas de sobrepressão projetadas combinadas é N^2 vezes a energia projetada de um único tubo de detonação. De acordo com um arranjo alternativo, múltiplos tubos de detonação individuais (ou combinações de tubos de detonação graduados) são localizados em um arranjo esparsos permitindo que a sincronização das detonações dentro dos vários tubos de detonação seja controlada de tal maneira que as ondas de sobrepressão projeta-

das são direcionadas e assim suas energias se juntam em uma(s) localização(s) desejada(s). Como tal, o um ou mais tubos de detonação podem ser usados para focalizar e direcionar as ondas de sobrepressão para produzir uma energia desejada em uma localização desejada. Aplicações da primeira modalidade exemplar da invenção incluem, mas não se limitando a estas, emulação de explosivos para propósitos de treinamento, testes de barreira de explosivos, demolição de minas/edifícios, controle de multidão, defesa de fronteira, controle de animal/pássaro/inseto, controle de prisioneiro, teste de resistência/integridade estrutural, fornecimento de movimento giratório para um moinho de vento ou uma turbina, uso como uma fonte de impulso para propulsão semelhante à de foguete, remoção de lixo/areia/neve/gelo de estradas/pistas de pouso e decolagem/aviões, etc., colheita de fruta/vegetal/grão, etc., de árvores/arbustos/plantas e aplicações de agricultura comparáveis, limpeza industrial (por exemplo, expurgar chaminés/precipitadores), formação de objeto (por exemplo, um pressionamento complacente/processo de moldagem), supressão de fogo e, em geral, a maior parte de qualquer aplicação de área de negação/segurança.

De acordo com uma segunda modalidade exemplar da invenção, a força de recuo causada por cada onda de uma seqüência sincronizada de ondas de sobrepressão geradas é acoplada a um meio alvo tal como o solo, gelo, ou água a fim de produzir uma seqüência de ondas acústicas conduzidas que pode ser usada para explorar uma região de interesse dentro do meio alvo, por exemplo, um depósito de óleo dentro do solo. De acordo com um arranjo exemplar, a força de recuo das ondas de sobrepressão geradas é acoplada ao meio alvo por um componente de acoplamento. Em uma modalidade, a força de recuo é igual ao derivativo da energia para trás resultante das ondas de sobrepressão geradas. De acordo com um arranjo exemplar alternativo, o gerador de onda de sobrepressão acopla a força de recuo das ondas de sobrepressão geradas diretamente ao meio alvo. A seqüência de ondas acústicas conduzidas se desloca através do meio alvo, reflete na região de interesse, e as reflexões correspondentes são recebidas por cada dispositivo de uma pluralidade de dispositivos de recebimento dispostos em um arranjo. As reflexões recebidas podem ser processadas a fim de produzir um conjunto de dados tridimensional caracterizando a região de interesse. Com esta modalidade, a onda de sobrepressão opcionalmente pode ser acoplada a um aparelho de amortecimento de som que amortece o som associado com a onda de sobrepressão e também amortece a onda de sobrepressão antes da sua liberação para o ambiente circundante. O componente de acoplamento desta modalidade compreende um mecanismo semelhante a mola que tem controle de amortecimento onde a forma e o material do componente de acoplamento são selecionados para alcançar um balanço apropriado entre transformação de energia e impacto adverso ao sistema (isto é, desgaste). O componente de acoplamento inclui uma placa de impedância tendo uma forma desejada, ou área ocupada, a qual fica em contato direto com a superfície do meio alvo. A placa de impedância

acopla a força de recuo ao meio alvo produzindo uma onda acústica conduzida. Tal como com na primeira modalidade exemplar, de acordo com um arranjo, múltiplos tubos de detonação (ou combinações de tubos de detonação graduados) são co-localizados e agrupados em uma das várias configurações possíveis fazendo com que suas ondas de sobrepressão

5 projetadas sejam combinadas tal como descrito anteriormente, o que permite um aumento correspondente na força de recuo disponível a ser acoplada ao meio alvo. De acordo com um arranjo exemplar alternativo, múltiplos tubos de detonação individuais (ou combinações de tubos de detonação graduados) são localizados em um arranjo esparsos permitindo a sincronização das detonações dentro dos vários tubos de detonação a ser controlados. Com

10 esta abordagem, a sincronização de ondas acústicas conduzidas é controlada para focalizar e direcioná-las a fim de juntá-las em uma localização desejada dentro do meio alvo. Aplicações da segunda modalidade da invenção incluem, mas não se limitando a estas, acionamento de um motor ou uma bomba, impulsão de postes/estacas de proteção para dentro do solo, uso como um dispositivo de socadura (por exemplo, para compactar lixo), uso como

15 um dispositivo de entrada forçada (como um aríete de ataque), imageamento de um fundo de corpo de água, e uso para esmagar/deformar objetos/estampar metal, etc.

De acordo com uma terceira modalidade exemplar da invenção, o gerador de onda de sobrepressão da presente invenção é usado para gerar uma onda de cisalhamento. De acordo com um arranjo, um gerador de onda de sobrepressão é orientado paralelo ao meio

20 alvo e usado para produzir ondas de sobrepressão. Sua força de recuo é usada para gerar uma onda de cisalhamento plana. De acordo com um arranjo alternativo, dois ou mais geradores de onda de sobrepressão são orientados paralelos a um meio alvo e arranjados de tal maneira que eles dirigem ondas de sobrepressão em direções opostas de maneira que sua força de recuo pode ser usada para gerar uma onda de cisalhamento esférica.

25 A presente invenção fornece um método para gerar uma onda acústica conduzida, compreendendo as etapas de causar pelo menos uma detonação dentro de pelo menos um tubo de detonação tendo uma extremidade aberta para gerar pelo menos uma onda de sobrepressão e acoplar uma força de recuo da pelo menos uma onda de sobrepressão a um meio alvo para gerar pelo menos uma dita onda acústica conduzida. De acordo com um ar-

30 ranjo, a extremidade aberta do pelo menos um tubo de detonação é orientada para direcionar as ondas de sobrepressão perpendiculares ao meio alvo e para longe dele. De acordo com um outro arranjo, a extremidade aberta do pelo menos um tubo de detonação é orientada para direcionar as ondas de sobrepressão paralelas ao meio alvo fazendo com que a força de recuo produza uma onda de cisalhamento plana ou uma onda de cisalhamento es-

35 férica dependendo de como o pelo menos um gerador de onda de sobrepressão é arranjado.

O meio alvo pode ser qualquer um de solo, gelo ou água. As ondas de sobrepres-

são podem ser geradas pelo controle da detonação de uma mistura combustível-oxidante fluindo dentro de cada um de os ditos pelo menos um tubo de detonação. As ondas de sobrepressão podem ser geradas de acordo com um parâmetro de detonação, o qual pode ser um código de sincronização tal como um código Barker. O som da pelo menos uma onda de sobrepressão pode ser amortecido.

As ondas acústicas também podem ser direcionadas para uma localização de interesse dentro do meio alvo pelo controle da sincronização relativa da geração das ondas de sobrepressão.

A presente invenção fornece um sistema para gerar uma onda acústica conduzida, compreendendo pelo menos um tubo de detonação tendo uma extremidade aberta para gerar pelo menos uma onda de sobrepressão e um componente de acoplamento para acoplar uma força de recuo da dita pelo menos uma onda de sobrepressão a um meio alvo para gerar pelo menos uma dita onda acústica conduzida. O sistema pode compreender adicionalmente um mecanismo de estabilização que fornece estabilidade para o movimento do pelo menos um tubo de detonação.

Como uma abordagem, a extremidade aberta do pelo menos um tubo de detonação é orientada para direcionar a pelo menos uma onda de sobrepressão perpendicular ao meio alvo e para longe dele, onde o mecanismo de estabilização somente permite movimento para cima e para baixo. Alternativamente, a extremidade aberta do pelo menos um tubo de detonação é orientada para direcionar a pelo menos uma onda de sobrepressão paralela ao meio alvo onde o mecanismo de estabilização permite somente movimento de lado para lado.

Cada uma das ondas de sobrepressão é gerada pelo controle da detonação de uma mistura combustível-oxidante fluindo dentro de cada um de os ditos pelo menos um tubo de detonação. As ondas de sobrepressão podem ser geradas de acordo com parâmetros de detonação, os quais podem ser um código de sincronização tal como um código Barker.

Um silenciador pode ser associado com pelo menos um tubo de detonação.

A invenção fornece um sistema para gerar e direcionar ondas acústicas conduzidas, compreendendo uma pluralidade de geradores de onda de sobrepressão posicionados em um arranjo esparsos, cada um da pluralidade de geradores de onda de sobrepressão compreendendo pelo menos um tubo de detonação tendo uma extremidade aberta e sendo usado para gerar uma pluralidade de ondas de sobrepressão, cada uma da pluralidade de ondas de sobrepressão tendo uma força de recuo; e uma pluralidade de componentes de acoplamento para acoplar as forças de recuo da dita pluralidade de ondas de sobrepressão a um meio alvo para gerar as ditas ondas acústicas conduzidas, as ondas acústicas conduzidas sendo direcionadas para uma localização de interesse dentro do meio alvo com base na

sincronização relativa da geração da pluralidade de ondas de sobrepressão.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A presente invenção está descrita com referência aos desenhos anexos. Nos desenhos, números de referência iguais indicam elementos idênticos ou funcionalmente similares. Adicionalmente, o(s) dígito(s) mais à esquerda de um número de referência identifica(m) o desenho no qual o número de referência aparece primeiro.

A figura 1A ilustra um tubo de detonação exemplar de técnica anterior tendo fornecimentos de combustível e oxidante separados e uma vela de ignição que inflama a mistura combustível-oxidante na extremidade fechada do tubo depois de o tubo ter sido enchido;

10 A figura 1B ilustra um segundo tubo de detonação exemplar de técnica anterior tendo um fornecimento de mistura combustível-oxidante e uma vela de ignição que inflama a mistura combustível-oxidante na extremidade fechada do tubo depois de o tubo ter sido enchido;

15 A figura 2A ilustra um tubo de detonação exemplar da presente invenção tendo um detonador que recebe uma mistura combustível-oxidante de um fornecimento de mistura combustível-oxidante e inflama a mistura combustível-oxidante à medida que ela está fluindo para dentro do tubo;

20 A figura 2B representa uma primeira modalidade do detonador da presente invenção que funciona pela criação de um arco elétrico dentro de um fluxo de uma mistura de gás;

A figura 2C representa uma segunda modalidade do detonador da presente invenção que é similar àquele representado na figura 2B exceto que ele inclui dois condutores que divergem para dentro do tubo principal fazendo com que o comprimento da centelha aumente à medida que ela se desloca dentro do tubo de detonação principal;

25 A figura 3A representa uma vista de extremidade de uma outra modalidade do detonador da presente invenção;

A figura 3B representa uma vista lateral do detonador da figura 3A;

30 A figura 4 representa uma combinação de tubos de detonação de graduação exemplar pela qual tubos de maiores diâmetros de modo crescente são usados em combinação para amplificar uma onda de detonação;

A figura 5 representa um tubo de detonação exemplar tendo um diâmetro que aumenta por todo o comprimento do tubo que amplifica uma onda de detonação;

A figura 6 ilustra um tubo tendo uma circunferência de tubo diminuindo gradualmente e então ampliando gradualmente;

35 A figura 7A representa um primeiro tubo de detonação ao lado de um segundo tubo de detonação;

A figura 7B representa combinações de quatro tubos de detonação arranjados de

tal maneira que os maiores tubos de detonações das combinações de tubo de detonação estão em contato uns com os outros;

A figura 7C representa três tubos de detonação de diâmetro ampliando;

5 A figura 7D representa sete tubos de detonação arranjados para ficarem parecidos com uma estrutura hexagonal;

A figura 7E representa doze tubos de detonação arranjados em uma maneira circular;

10 A figura 8 representa uma vista lateral de três tubos de detonação, tendo um primeiro diâmetro, conectados a um tubo de detonação maior tendo um segundo diâmetro maior para amplificar o pulso combinado gerado pelos tubos menores;

A figura 9 fornece uma ilustração de como a sincronização do disparo dos tubos de detonação individuais focaliza a energia em um único ponto no campo distante;

15 A figura 10 representa um arranjo esparsos de 4 tubos de detonação sendo detonados a fim de direcionar as ondas de sobrepressão de tal maneira que elas se juntam em uma localização desejada;

A figura 11 representa um arranjo esparsos de 4 grupos de tubos de detonação sendo detonados a fim de direcionar as ondas de sobrepressão de tal maneira que elas se juntam em uma localização desejada;

20 A figura 12 ilustra um exemplo de agrupamento eficiente de subarranjos hexagonais de 7 tubos de detonação em um arranjo combinado totalizando 224 tubos de detonação;

A figura 13 representa um sistema que aproveita a força de recuo do gerador de onda de sobrepressão da presente invenção para exploração sísmica;

A figura 14 representa o fluxograma lógico para processo de exploração sísmica;

25 A figura 15 representa um arranjo de sistemas de exploração sísmica da presente invenção;

A figura 16 representa uma vista de topo de um padrão de arranjo circular escalável de sistemas de exploração sísmica da presente invenção;

A figura 17A representa uma vista lateral de um gerador de onda de cisalhamento plana de acordo com uma modalidade da presente invenção;

30 A figura 17B representa uma onda de cisalhamento plana;

A figura 18A representa uma vista plana de um gerador de onda de cisalhamento esférica de acordo com uma modalidade da presente invenção;

A figura 18B representa uma onda de cisalhamento esférica;

35 A figura 18C representa uma vista plana de um gerador de onda de cisalhamento esférica de acordo com uma outra modalidade da presente invenção; e

A figura 18D representa uma vista plana de um gerador de onda de cisalhamento esférica de acordo com ainda uma outra modalidade da presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção será agora inteiramente descrita de forma mais detalhada com referência aos desenhos anexos, nos quais as modalidades exemplares da invenção estão mostradas. Esta invenção, entretanto, não deve ser interpretada como limitada às modalidades expostas neste documento; em vez disto elas são fornecidas de maneira que esta revelação fique completa e que transporte inteiramente o escopo da invenção para os versados na técnica. Números iguais se referem a elementos iguais por todos os desenhos.

A presente invenção fornece um sistema e método aperfeiçoado para gerar e controlar uma onda de sobrepressão, a qual também é referida neste documento como uma onda de som ou pulso de som. Ondas de sobrepressão exemplares podem ser caracterizadas por sua frequência na faixa de 0,1 Hz a 30 kHz. A base do sistema é a ignição de uma mistura de combustível-ar ou combustível-oxigênio gasosa ou dispersada detonável de alta energia dentro de um tubo que é aberto em uma extremidade, onde qualquer um dos diversos combustíveis inflamáveis pode ser usado incluindo etano, metano, propano, hidrogênio, butano, álcool, acetileno, gás MAPP, gasolina e combustível de aviação. A mistura de gás é detonada na extremidade fechada do tubo fazendo com que uma onda de detonação se propague pelo comprimento do tubo onde a detonação termina e a onda de detonação sai pela extremidade aberta do tubo como uma onda de sobrepressão. O tubo é referido neste documento como um tubo de detonação e a onda de detonação é referida neste documento como um pulso ou impulso de detonação.

Uma modalidade da presente invenção compreende pelo menos um aparelho de tubo de detonação e um mecanismo de controle de sincronização para controlar a sincronização das detonações. O aparelho de tubo de detonação compreende pelo menos um tubo de detonação, pelo menos um detonador e um subsistema de fornecimento de mistura combustível-oxidante. Um ou mais detonadores podem ser usados com um dado tubo de detonação e um detonador pode ser usado com múltiplos tubos de detonação. Associado com um ou mais detonadores está um ou mais iniciadores de centelha onde um único iniciador de centelha pode iniciar centelhas em múltiplos detonadores, os quais podem estar em paralelo ou em série, e múltiplos iniciadores de centelha podem iniciar centelhas em um único detonador. O mecanismo de controle de sincronização controla a sincronização do um ou mais iniciadores de centelha.

O iniciador de centelha pode ser uma fonte de pulso de alta tensão. Como uma alternativa para a fonte de pulso de alta tensão uma abordagem de centelhador de disparo pode ser usada como um iniciador de centelha. Outras alternativas para um iniciador de centelha incluem um laser e um fio de detonação.

O mecanismo de controle de sincronização pode ser um simples mecanismo de disparo, lógica fixada, ou ser um processador de controle mais complexo. Um processador

de controle também pode ser usado para controlar parâmetros variáveis do subsistema de fornecimento de mistura combustível-oxidante ou tais parâmetros podem ser fixos.

O subsistema de fornecimento de mistura combustível-oxidante mantém uma razão de massa desejada de combustível versus oxidante da mistura combustível-oxidante e uma taxa de fluxo desejada da mistura combustível-oxidante. Combustível desejado versus razão de oxidante e taxa de fluxo podem ser selecionados para alcançar características de detonação desejadas que dependem das características de comprimento e diâmetro do detonador. Por exemplo, uma modalidade usa uma mistura combustível-oxidante de propano-ar, uma razão de massa de 5,5 e uma taxa de fluxo de 50 litros/minuto para um detonador tendo um comprimento de 1" (2,54 cm) e um diâmetro de 1/4" (0,63 cm) e feito de Teflon, um primeiro tubo de detonação feito de aço inoxidável tendo um comprimento de 9" (22,86 cm) e um diâmetro que afunila de 0,8" (2,03 cm), na extremidade conectada ao detonador, para 0,65" (1,65 cm) na extremidade conectada a um segundo tubo de detonação feito de titânio tendo um comprimento de 32" (81,28 cm) e um diâmetro de 3" (7,62 cm). Alternativamente, o primeiro tubo de detonação pode ter um diâmetro constante de 0,8" (2,03 cm).

Tecnologia de válvula de controle de fluxo de massa comercialmente disponível pode ser usada para controlar a razão de massa de combustível versus oxidante da mistura combustível-oxidante e a taxa de fluxo da mistura combustível-oxidante. Alternativamente, tecnologia comercialmente disponível pode ser usada para medir o fluxo de massa de oxidante em um aparelho de misturar mistura de combustível-oxidante e a medição precisa de fluxo de massa de oxidante pode ser usada para controlar uma válvula de fluxo de massa para regular o fluxo de massa do combustível necessário para alcançar uma razão de massa desejada de combustível versus oxidante da mistura combustível-oxidante.

Detonação Dentro da Mistura Combustível-Oxidante Fluindo

Sistemas de detonação de gás de técnica anterior exigiam tubos longos ou misturas de gás altamente detonáveis tais como oxigênio e hidrogênio a fim de produzir uma detonação. De outro modo eles somente "deflagrarão" o que é um processo lento e quase silencioso. Em contraste, um aspecto da presente invenção fornece a capacidade para produzir pulsos de som pequenos de alta intensidade dentro de um tubo tão pequeno quanto um pé (30,48 centímetros) de comprimento e 2 polegadas (5,08 centímetros) de diâmetro, usando somente misturas de gás moderadamente explosivas tais como propano e ar. Ao contrário dos sistemas de técnica anterior, este aspecto da presente invenção está incorporado em um sistema exemplar que passa um arco elétrico através de um fluxo (ou deslocamento) de mistura de gás e oxidante que está enchendo o tubo dentro do qual a detonação acontecerá. Quando o tubo está substancialmente cheio, uma rápida centelha é iniciada dentro do gás fluindo no ponto de enchimento no tubo, a qual dispara a detonação subsequente de todo o gás dentro do tubo. Alternativamente, o gás fluindo pode ser detonado por um laser

ou por qualquer outro método de ignição e detonação adequado de acordo com a presente invenção. Esta ignição dentro da técnica de gás fluído diminui consideravelmente o comprimento de tubo exigido para produzir uma detonação quando comparado a sistemas de técnica anterior que inflamam misturas de gás não fluído ou ainda de outro modo. Além disso, detonação de acordo com este aspecto da presente invenção exige na ordem de 1 joule de energia para detonar a mistura combustível-oxidante enquanto que sistemas de técnica anterior podem exigir de 100 a 1.000 joules de energia para alcançar detonação. Resultados desejáveis adicionais deste método são a redução da incerteza de tempo entre o disparo de arco elétrico e a subsequente emissão do pulso de som pelo tubo e a repetitividade da magnitude de pulso de detonação. Como tal, o detonador de acordo com este aspecto da presente invenção capacita sincronização e controle de magnitude precisos de uma onda de sobrepressão.

A figura 1A representa uma vista lateral de um sistema de detonação de técnica anterior. Um tubo de detonação 100 tem o fornecimento de combustível separado 102 e o fornecimento de oxidante 104 que são abertos durante um período de enchimento para encher o tubo de detonação 100 com a mistura combustível-oxidante 106. Depois do período de enchimento, o fornecimento de combustível 102 e o fornecimento de oxidante 104 são fechados e em um tempo desejado uma carga é aplicada através do fio de alta tensão 108 para a vela de ignição 110 a qual inflama a mistura combustível-oxidante 106 fazendo com que uma onda de detonação se propague pelo comprimento do tubo de detonação 100 e saia pela sua extremidade aberta 112. De forma similar, a figura 1B representa uma vista lateral de um outro sistema de detonação de técnica anterior onde o tubo de detonação 100 tem um fornecimento de mistura combustível-oxidante 105 que é aberto durante um período de enchimento para encher o tubo de detonação 100 com a mistura combustível-oxidante 106. Depois do período de enchimento, o fornecimento de mistura combustível-oxidante 105 é fechado e em um tempo desejado uma carga é aplicada através do fio de alta tensão 108 para a vela de ignição 110, a qual inflama a mistura combustível-oxidante 106 fazendo com que uma onda de detonação se propague pelo comprimento do tubo de detonação 100 e saia pela sua extremidade aberta 112.

A figura 2A representa o tubo de detonação 100 do gerador de onda de sobrepressão 11 da presente invenção sendo provido com o fornecimento de mistura combustível-oxidante 105 através do detonador 114, onde uma centelha inflama dentro da mistura combustível-oxidante 106 enquanto o tubo de detonação 100 está sendo enchido com a mistura combustível-oxidante 106, fazendo com que uma onda de detonação se propague pelo comprimento do tubo de detonação 100 e saia pela sua extremidade aberta 112. Em uma modalidade, uma taxa de fluxo de mistura combustível-oxidante apropriada é mantida durante a ignição dentro da mistura combustível-oxidante fluído. Constatou-se que sobre uma

substancial faixa de fluxos quanto mais alta a taxa de fluxo mais rápida é a evolução da onda de detonação. Conseqüentemente, uma modalidade exemplar usa uma alta taxa de fluxo. Para uma dada energia de centelha, uma certa taxa de fluxo define o limite superior prático da taxa de fluxo. Em uma modalidade, a tubulação que alimenta o tubo de detonação está abaixo de um raio crítico para impedir a progressão de detonação de volta para o fornecimento de combustível. Por exemplo, uma modalidade usa tubulação de diâmetro de 1/4" (0,63 cm) para impedir tal retrocesso e também apresentar uma baixa resistência ao fluxo de gás. Por exemplo, um detonador de 1" (2,54 cm) de comprimento tendo um 1/4" (0,63 cm) de diâmetro de furo pode alcançar detonação usando uma centelha de 1 joule dentro de uma mistura gás MAPP-ar fluindo em 50 litros/minuto.

Também está mostrado na figura 2A um fornecimento de mistura combustível-oxidante opcional secundário 105'. Um ou mais fornecimentos de mistura combustível-oxidante secundários 105' podem ser usados para acelerar o enchimento de um tubo de detonação grande (ou combinação de tubos). Como uma abordagem, um ou mais fornecimentos de mistura combustível-oxidante secundários 105' são usados para acelerar enchimento de um tubo de detonação 100 em paralelo com o fornecimento de mistura combustível-oxidante (primário) 105 de tal maneira que o detonador 114 pode inflamar a mistura combustível-oxidante fluindo em uma taxa de fluxo desejada. Como uma outra abordagem, o fornecimento de mistura combustível-oxidante 105 pode abastecer o tubo de detonação em uma primeira taxa mais alta e então mudar para uma segunda taxa antes de a mistura combustível-oxidante fluindo ser inflamada. Ainda em uma outra abordagem, o fornecimento de mistura combustível-oxidante secundário 105' fornece uma mistura combustível-oxidante 106' (não mostrada na figura 2A) para o tubo de detonação 100 diferente daquela mistura combustível-oxidante 106 fornecida pelo fornecimento de mistura combustível-oxidante 105 para o detonador 114.

Para certos combustíveis pode ser necessário aquecer a mistura combustível-oxidante a fim de alcançar detonação. Dependendo da taxa na qual o tubo de detonação é disparado, pode ser necessário resfriar o tubo de detonação. De acordo com uma modalidade preferida da invenção, o fornecimento de combustível 105 (e/ou 105') compreende pelo menos um aparelho de troca de calor (não mostrado) em contato com o tubo de detonação que serve para transferir calor do tubo de detonação para a mistura combustível-oxidante. Um aparelho de troca de calor pode tomar qualquer uma das várias formas bem conhecidas tais como uma pequena tubulação que espirala em volta do tubo de detonação de uma extremidade para a outra, onde a tensão da espiral pode ser constante ou pode variar ao longo do comprimento do tubo de detonação. Uma outra abordagem de trocador de calor exemplar é o tubo de detonação ser circundado por um vaso de contenção de tal maneira que a mistura combustível-oxidante dentro do vaso de contenção que fica em contato com o tubo

de detonação absorve calor do tubo de detonação. Alternativamente, um aparelho de trocador de calor pode ser usado que seja independente do fornecimento de combustível 105, em cujo caso alguma substância a não ser a mistura combustível-oxidante, por exemplo, um líquido tal como água ou silicone, pode ser usado para absorver calor do tubo de detonação.

5 Alternativamente, uma outra fonte de calor pode ser usada para aquecer a mistura combustível-oxidante. De uma maneira geral, várias técnicas bem conhecidas podem ser usadas para resfriar o tubo de detonação e/ou para aquecer a mistura combustível-oxidante, incluindo métodos que transferem calor do tubo de detonação para a mistura combustível-oxidante.

10 A figura 2B representa uma primeira modalidade do detonador da presente invenção que funciona pela criação de um arco elétrico dentro de um fluxo de uma mistura de gás detonável. Tal como mostrado na figura 2B, uma mistura de gás 106 de um gás e oxidante combustíveis na correta razão detonável é passada para dentro de um tubo de detonação 100 através do ponto de enchimento 208 do detonador 114. Quando o tubo está substancialmente cheio, o fio de alta tensão 108 é disparado na entrada de disparo de alta tensão 214 para fazer com que uma centelha 212 ocorra através dos fios desencapados 210 e passe através da mistura de gás 106 fluindo para dentro do tubo de detonação 100 para iniciar detonação do gás no tubo de detonação 100. O disparo do disparador de alta tensão é controlado pelo mecanismo de controle de sincronização 216.

20 A figura 2C representa uma segunda modalidade do detonador da presente invenção que também funciona pela criação de um arco elétrico dentro de um fluxo de uma mistura de gás detonável. Tal como mostrado na figura 2C, uma mistura de gás 106 de um gás e oxidante combustíveis na correta razão detonável é passado para dentro de um tubo de detonação 100 por meio de ponto de enchimento 208 do detonador 114. Quando o tubo está substancialmente cheio, o fio de alta tensão 108 é disparado na entrada de disparo de alta tensão 214 para fazer com que uma centelha 212 ocorra através dos fios desencapados 210 e passe através da mistura de gás 106 fluindo para dentro do tubo de detonação 100 para iniciar detonação do gás no tubo de detonação 100. Nesta variação a centelha é iniciada dentro do detonador 114 e então ela é rapidamente arrastada ao longo dos dois condutores divergindo para dentro do tubo de detonação 100 pelo gás fluindo, o comprimento da centelha aumentando à medida que ela se desloca para dentro do tubo de detonação 100. Quando uma centelha é iniciada em uma pequena folga ela cria uma baixa zona de impedância estável que é capaz de conduzir a mesma tensão de eletricidade através de uma folga muito maior. Alternativamente, os fios 210 podem ser paralelos, mas ligeiramente dobrados mais próximos conjuntamente para assegurar que a centelha inicia dentro do detonador 114. As figuras 3A e 3B fornecem vistas de extremidade e lateral de uma modalidade exemplar do gerador de onda de sobrepressão 11 da presente invenção. Tal como mostrado nas figuras

3A e 3B, o detonador 114 compreende o cilindro de isolamento 302 circundando o tubo de detonador 304. Os eletrodos 306 são inseridos pelos lados do cilindro de isolamento 302 e são conectados ao fio de alta tensão 108. O tubo de detonador 304 é conectado ao fornecimento de mistura combustível-oxidante 105 (mostrado na figura 3B) no ponto de enchimento 208 e ao tubo de detonação 100 na sua extremidade oposta. Tal como mostrado na figura 3B, uma mistura de gás 106 é passada para dentro do tubo de detonação 304 e então para dentro do tubo de detonação 100 através do ponto de enchimento 208 do detonador 114. Quando o tubo de detonação 100 está substancialmente cheio, o fio de alta tensão 108 é disparado para fazer com que uma centelha 212 ocorra através dos eletrodos 306 e passe através da mistura de gás 106 fluindo para dentro do tubo de detonador 304 para iniciar detonação do gás no tubo de detonação 100. Também está mostrada na figura 3B uma espiral de Shchelkin 308 exatamente dentro da extremidade fechada do tubo de detonação 100. A espiral de Shchelkin 308 é bem conhecida na técnica como um dispositivo de aprimoramento da transição deflagração para detonação (DDT). Em uma modalidade exemplar da invenção a espiral de Shchelkin 308 tem 10 voltas, é de 7" (17,78 cm) de comprimento, e é construída usando arame de cobre de #4 que é firmemente enrolado junto ao lado de dentro do tubo de detonação 100 na sua base (extremidade fechada).

Controle de Magnitude de Onda de Sobrepressão

De uma maneira geral, o comprimento e o diâmetro interno de um tubo de detonação podem ser selecionados para alcançar uma magnitude de onda de sobrepressão gerada máxima desejada em uma taxa de fluxo máxima selecionada de uma mistura combustível-oxidante fluindo selecionada, e a taxa de fluxo pode ser reduzida para diminuir a magnitude da onda de sobrepressão gerada. Se exigido, tubos maiores de modo crescente podem ser usados para amplificar o pulso de detonação produzido inicialmente em um tubo de detonação menor. Cada um ou uma pluralidade dos tubos pode ser feita de um ou de uma combinação de materiais e permite, incluindo PVC ou uma variedade de compostos diferentes, metais, ou mesmo concreto para alcançar um resultado desejado. Em uma modalidade exemplar o tubo de detonação é feito de titânio. Em uma modalidade exemplar, o detonador dentro do qual a centelha é introduzida tem um pequeno diâmetro, por exemplo, de aproximadamente 1/4" (0,63 cm) de diâmetro. Esta montagem é alinhada à base de um segundo tubo de detonação maior de maneira que o gás contido dentro dele é detonado. Este segundo tubo de detonação pode então ser alinhado à base de um tubo de diâmetro sucessivamente maior para iniciar detonação da mistura de gás dentro dele. Deste modo, muitas detonações de tubo de detonação de grande diâmetro podem ser iniciadas com perfeita precisão de sincronização. O uso de tubos tendo maiores diâmetros de modo crescente está mostrado na figura 4, a qual ilustra uma combinação de tubos de detonação de graduação 400 compreendendo maiores tubos de detonação de modo crescente que amplificam um

pulso de detonação. Um pulso de detonação produzido em um tubo de detonação inicial 100A se desloca através dos tubos de detonação 100B e 100C tendo maiores diâmetros. De uma maneira geral, à medida que a detonação da mistura de gás faz a transição de um tubo de detonação tendo um menor diâmetro para um tubo de detonação tendo um maior diâmetro o tamanho do pulso é amplificado. De acordo com a invenção, um ou mais tubos de detonação tendo diâmetros diferentes podem ser combinados em uma combinação de tubos de detonação de graduação 400. Na modalidade exemplar descrita anteriormente, o tubo de detonação (e o tubo de detonador) foi assumido para ser um tubo tendo uma circunferência que não varia ao longo do comprimento do tubo. Como uma alternativa, um tubo de detonação (ou tubo de detonador) pode começar com um pequeno diâmetro e crescer gradualmente a fim de ter um efeito similar de amplificação de pulso tal como descrito para a figura 4. Uma abordagem exemplar está mostrada na figura 5, a qual representa uma vista lateral de um tubo de detonação 100 tendo um diâmetro crescendo gradualmente. O diâmetro de um tubo de detonação se tornando maior e de modo crescente faz com que o pulso seja amplificado à medida que ele percorre o comprimento do tubo em um modo similar ao da técnica de tubo graduado da figura 4. Tal como mostrado, o tubo de detonação 100 tem um primeiro diâmetro 502 em uma extremidade que é menor do que o segundo diâmetro 504 na outra extremidade. Múltiplos tubos tendo diâmetros crescentes também podem ser combinados. Uma outra variação do tubo de detonação é usar uma técnica compressora/expansora onde a circunferência do tubo afunila para uma menor circunferência para comprimir o gás e então expande para uma maior circunferência para expandir o gás. Esta abordagem está mostrada na figura 6, a qual representa uma vista lateral do tubo de detonação 100 com base na técnica compressora/expansora que tem um primeiro diâmetro 602 em uma extremidade, um segundo diâmetro 603 na outra extremidade e um terceiro diâmetro 604 entre as duas extremidades do tubo de detonação 100. O primeiro diâmetro 602 pode ou não se igualar ao segundo diâmetro 603 dependendo das características de compressão/expansão desejadas.

Arranjos de Tubos de Detonação

Tubos de detonação podem ser agrupados em arranjos de vários modos para produzir um pulso combinado quando disparados simultaneamente. As figuras 7A - 7D representam exemplos de como tubos de detonação podem ser combinados. A figura 7A representa um arranjo de tubos de detonação 702 compreendendo um primeiro tubo de detonação ao lado de um segundo tubo de detonação. A figura 7B representa um arranjo de tubos de detonação 704 compreendendo combinações de quatro tubos de detonação arranjas de tal maneira que os maiores tubos de detonação das combinações de tubos de detonação estão em contato uns com os outros. A figura 7C representa o arranjo de tubos de detonação 706 compreendendo três tubos de detonação de diâmetro crescente. A figura 7D repre-

senta o arranjo de tubos de detonação 708 compreendendo sete tubos de detonação arranjados para ficarem parecidos com uma estrutura hexagonal. A figura 7E representa o arranjo de tubos de detonação 710 compreendendo doze tubos de detonação arranjados em uma maneira circular.

5 Alternativamente, os tubos de detonação que compõem tais grupos ou arranjos de tubos de detonação também podem ser disparados em momentos diferentes. De acordo com um arranjo, tubos de detonação são inflamados usando uma seqüência de sincronização que faz com que eles detonem em sucessão de tal maneira que um dado tubo de detonação está sendo enchido com a sua mistura combustível-oxidante enquanto que outros
10 tubos de detonação estão em vários estados de geração de uma onda de sobrepressão. Com esta abordagem, a inflamação e o enchimento dos tubos de detonação podem ser sincronizados de tal maneira que ondas de sobrepressão estariam sendo geradas pelo aparelho em uma alta taxa como esta que pareceria ser detonação contínua.

Tal como mostrado na figura 8, um grupo de tubos menores pode ser conectado a
15 um tubo maior de tal maneira que seus pulsos combinados produzem um pulso grande que continua a detonar no tubo maior. A figura 8 representa uma vista lateral de 3 tubos de detonação menores 100A, tendo um primeiro diâmetro, conectados a um tubo de detonação maior 100B tendo um segundo diâmetro maior para amplificar um pulso combinado.

De uma maneira geral, qualquer uma das várias combinações possíveis de tubos
20 graduados, tubos de circunferências aumentando gradualmente, arranjos de tubos, grupos de tubos menores conectados a tubos maiores e tubos empregando a técnica compressora/expansora pode ser usada de acordo com este aspecto da invenção para gerar ondas de sobrepressão que atendam a exigências específicas de aplicação. Todas as tais combinações exigem balancear a energia potencial criada por causa de uma expansão de uma cir-
25 cunferência de tubo com o resfriamento causado pela expansão dos gases à medida que a circunferência de tubo aumenta.

Focalização e Direcionamento Coerentes de Ondas de Sobrepressão

Tal como descrito anteriormente, o detonador deste aspecto da presente invenção tem baixa incerteza do tempo entre o disparador de arco elétrico e a subsequente emissão
30 do pulso de som pelo tubo. O detonador também permite controle de precisão repetível da magnitude dos pulsos de som gerados. Esta baixa incerteza, ou instabilidade, e a precisão de controle de magnitude capacitam a focalização e o direcionamento coerentes das ondas de sobrepressão geradas por um arranjo de tubos de detonação. Como tal, o detonador pode ser usado para gerar ondas de sobrepressão de altos picos de energia de pulso dirigíveis
35 e focalizáveis.

A figura 9 ilustra como a sincronização do disparo de tubos individuais focaliza a energia das ondas de sobrepressão geradas em um único ponto no campo distante. Tubos

mais distantes são disparados mais cedo para compensar a maior quantidade de tempo exigida para percorrer uma maior distância que faça com que todos os pulsos cheguem ao mesmo ponto no espaço ao mesmo tempo. A figura 9 representa um arranjo 900 dos tubos de detonação 100A-100E que são inflamados (ou disparados) com sincronização controlada, tal como controlada pelo mecanismo de controle de sincronização 216, de tal maneira que os pulsos de som que eles geram chegam ao ponto no espaço 902 ao mesmo tempo. Os pulsos de som 906 produzidos pelos tubos de detonação 100A-100E se deslocam ao longo dos caminhos diretos 904A-904E, respectivamente. Como tal, eles são disparados na seqüência 100E-100A com atrasos apropriados entre disparos para considerar os diferentes tempos de deslocamento exigidos para percorrer os diferentes caminhos diretos, de maneira que os pulsos de som 906 chegam ao ponto no espaço 902 ao mesmo tempo para produzir o pulso de som combinado 908.

Tubos de detonação individuais ou grupos de tubos podem ser dispostos em um arranjo esparso. A figura 10 representa um arranjo de tubos de detonação individuais dispostos em um arranjo esparso onde a sincronização das detonações nos vários tubos é controlada a fim de direcionar as ondas de sobrepressão de tal maneira que elas se juntem em uma localização desejada. A figura 11 representa de forma similar um arranjo de grupos de tubos dispostos em um arranjo esparso onde os tubos de um dado grupo são detonados ao mesmo tempo, mas a sincronização de detonação dos vários grupos é variada a fim de direcionar as ondas de sobrepressão de modo que eles se juntem em uma localização desejada.

Referindo-se à figura 10, os tubos de detonação 100A-100D são disparados em seqüência de sentido contrário com sincronização precisa, tal como controlada pelo mecanismo de controle de sincronização 216, de tal maneira que os pulsos de som percorrem os caminhos diretos 904A-904D e se juntam no ponto no espaço 902. Referindo-se à figura 11, os grupos de tubos de detonação 1100A-1100D são disparados em seqüência de sentido contrário, tal como controlada pelo mecanismo de controle de sincronização 216, de tal maneira que os pulsos de som percorrem os caminhos diretos 904A-904D e se juntam no ponto no espaço 902.

O mecanismo de controle de sincronização 216 usado em modalidades de arranjo esparso pode compreender um único mecanismo de controle de sincronização em comunicação com cada um dos geradores de onda de sobrepressão compondo o arranjo através de uma rede com fio ou sem fio. Alternativamente, cada um dos geradores de onda de sobrepressão pode ter o seu próprio mecanismo de controle de sincronização pelo que os mecanismos de controle de sincronização são sincronizados por algum dispositivo.

Teoria de Operação de Arranjo de Tubos de Detonação

De uma maneira geral, quando um arranjo de tubos de detonação é disparado com

sincronização precisa uma onda de pressão é criada que se propaga como um feixe estreito em uma direção mandada pela sincronização. Deste modo a sua operação é análoga a de uma antena de arranjo com fase comumente usada em sistemas de radar. Uma vez que a sincronização é determinada eletricamente a direção de feixe pode ser redirecionada de um pulso para o próximo. Sistemas podem ser projetados operando em diferentes taxas, por exemplo, 10, 20, 50 ou 100 pulsos por segundo, e cada pulso pode ser planejado em uma direção exclusiva. A única limitação para a taxa de repetição é a velocidade com que os tubos podem ser reenchidos. Em uma taxa de reenchimento sônico ela gastaria cerca de cinco milissegundos para reencher um tubo de cinco pés (1,52 metros) de comprimento. Uma vez que ela também gasta um pulso de cinco milissegundos para sair uma vez que detonada, a taxa de repetição de limitação é de 100 Hz.

Uma vez que cada elemento do arranjo emite a sua própria energia coerente, no campo distante a amplitude da onda se aproxima do quadrado da intensidade de cada tubo individual. O instantâneo sobre pressões que pode ser direcionado deste modo, portanto, pode se aproximar de altos níveis. Como tal, o sistema possui uma grande faixa dinâmica acima que pode ser usada para alcançar uma maior faixa ou se propagar através de pequenas aberturas em estruturas tais como alvos rígidos.

A estrutura atrás da pequena abertura pode ser ressoada pela aplicação dos pulsos exatamente nos intervalos de tempo certos, tal como determinado por uma sonda a laser usada para medir o efeito Doppler de partículas na abertura. A frequência natural da estrutura pode ser assim determinada e em seguida o laser é usado em modo de laço fechado para controlar a sincronização do sistema para produzir o efeito máximo. As pressões instantâneas dentro de um alvo rígido como este podem ser completamente grandes uma vez que o Q acústico é alto. Por exemplo, para um Q de somente 10 a pressão de pico pode alcançar 1.000 psi (6.894,7 kPa).

Grupos de tubos de detonação podem ser tratados como subarranjos dentro de um arranjo maior. A figura 12 ilustra uma modalidade exemplar de 32 subarranjos hexagonais 1202 de 7 tubos de detonação cada um, agrupados de forma eficiente em um arranjo 1200 tendo um total de 224 tubos de detonação de diâmetro de 3" (7,62 cm) em um formato de 6,2' x 2,5' (188,9 cm x 76,2 cm). A intensidade de campo distante deste sistema pode ser acima de 50.000 vezes a intensidade de um tubo de detonação de 3" (7,62 cm) como este.

A sincronização do disparo dos elementos de arranjo desta modalidade é direta. A forma de onda é em torno de um milissegundo longa e a restrição para coerência é 1/4 do seu comprimento de onda ou menos. O subsistema de sincronização, portanto, necessitará de uma resolução e precisão de 200 microsegundos ou menos. Este nível de precisão de sincronização pode ser realizado com contadores-temporizadores programáveis tais como o 8254 PCA da Intel que fornece três canais de sincronização por microplaqueta, em uma re-

solução de 0,1 microsegundo.

Em uma modalidade, cada elemento em um arranjo dirigível necessita ter a sua energia difundida sobre a área total de direcionamento, por exemplo, com uma abertura que tenha abaixo de 1/2 comprimento de onda. Para uma forma de onda de um milissegundo a abertura é em torno de seis polegadas (15,24 centímetros). Na modalidade exemplar mostrada na figura 12, os feixes de subarranjos hexagonais são de nove polegadas (22,86 centímetros) transversalmente, assim eles não permitirão direcionamento sobre uma metade de hemisfério cheio, mas agrupar os tubos nos feixes hexagonais que são disparados como um grupo reduz as exigências de hardware, permitindo que trinta e dois canais de sincronização programáveis sejam usados para focalizar e direcionar o arranjo. Como tal, toda a necessidade de sincronização pode ser satisfeita com somente onze contadores-temporizadores 8254. Uma placa PCI fabricada pela SuperLogics contém quatro contadores-temporizadores 8254 dando doze contadores-temporizadores programáveis, assim três módulos atenderiam. Em uma outra modalidade, os tubos de cada feixe na figura 12 podem ser suficientemente espaçados lado a lado para capacitar direcionamento sobre uma metade de hemisfério cheio e o disparo de todos os tubos pode ser independente, sem agrupamento.

O ponto focal do arranjo é uma função do comprimento de onda e do tamanho do arranjo. Perto da face de arranjo o ponto focal compreende um círculo aproximado de um comprimento de onda, isto é, de um pé (2,54 centímetros) em diâmetro. Em maiores distâncias o ponto se espalhará gradualmente em uma forma oval com o seu diâmetro grande na direção do diâmetro pequeno do arranjo. Isto é, o oval se torna de vertical para o arranjo horizontal representado na figura 12. A forma do ponto focal pode ser facilmente modelada usando a equação de onda quando ela é operada no regime linear até cerca de metade de uma atmosfera ou 7 psi (117,2 kPa). Entretanto, quando a pressão instantânea na forma de onda alcança uma atmosfera ela será não linear e o cálculo diferirá.

Medições da saída de pressão do arranjo podem ser feitas com um sensor acústico de banda larga. Eles tipicamente têm uma largura de banda de 10-20.000 Hz e uma precisão de 1 dB ou algo assim. Medições feitas em uma distância de trinta pés (9,14 metros) ou mais no campo distante do arranjo dão precisões suficientes para extrapolar características em qualquer faixa. A saída calibrada de um instrumento como este é nível de pressão de som acústico que tem uma relação direta com a pressão, isto é, $L_p(dBSPL) = 10 \times \log_{10} \frac{p}{p_0}$.

Por exemplo, 180 dBSPL é equivalente a uma pressão de 20.000 Pa ou em torno de 3 psi. A intensidade de som instantâneo associada com este nível é 1.000.000 W/m².

Uma conseqüência da equação de onda geral para meio linear é que quando ondas se sobrepõe suas amplitudes se somam. Para ondas eletromagnéticas este meio em que se duas ondas idênticas chegarem a um ponto no espaço ao mesmo tempo e fase elas produ-

zirão o dobro do potencial, ou tensão, de uma única onda.

O resultado é similar no caso de ondas acústicas, mas neste caso o potencial é pressão em vez de tensão. $p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + 2p_1p_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)}$ N/m²

5 Deve-se notar que uma vez que as fases são iguais o coseno é igual a 1 e o valor da pressão é igual a duas vezes a pressão de uma única fonte. Esta relação se aplica para a adição de N fontes = N*p.

10 Dobrar a pressão de uma forma de onda acústica quadruplica a sua energia uma vez que a energia é proporcional ao quadrado da sua pressão, isto é, quando duas formas de onda acústica idênticas chegam ao mesmo ponto no espaço ao mesmo tempo e fase a sua energia quadruplicará.

Em analogia com as ondas eletromagnéticas a energia, ou intensidade acústica, de uma forma de onda é proporcional ao quadrado da sua pressão.

$$I = \frac{p^2}{\rho c} \text{ Watts/m}^2$$

Onde o denominador é o valor da impedância acústica do meio, neste caso o ar.

15 Portanto, de uma maneira geral o espaço livre, a energia de campo distante no lóbulo principal da forma de onda de sobrepressão pode ser calculada como N² da pressão de um único tubo de detonação. Entretanto, quando ele é operado perto do solo, vantagem também pode ser obtida do efeito aditivo da onda de solo. Quando a onda do solo e as formas de onda de espaço livre convergem em um alvo as pressões de ambas as formas de onda de novo se somam e de novo quadruplicam a energia.

20 Direcionamento de feixe é realizado pelo ajuste da sincronização dos elementos individuais de tal maneira que uns quanto mais próximos são atrasados exatamente o suficiente para que as ondas da parte adicional do arranjo se alcancem. Em uma dada direção, portanto, todas as ondas chegarão ao mesmo tempo e satisfarão o critério de energia N².
25 Isto é análogo a uma antena de arranjo com fase, mas uma vez que a forma de onda acústica é transitória em vez de onda contínua, tempo de atraso é substituído por fase.

Aplicações do Gerador de Onda de Sobrepressão da Presente Invenção

30 Aplicações do gerador de onda de sobrepressão da presente invenção incluem, mas não se limitando a estas, emulação de explosivos para propósitos de treinamento, teste de barreira de explosivos, demolição de minas/edifícios, controle de multidão, defesa de fronteira, controle de animal/pássaro/inseto, controle de prisioneiro, teste de resistência/integridade estrutural, fornecimento de movimento giratório para um moinho de vento ou uma turbina, uso como uma fonte de impulso para propulsão semelhante a de foguete, remoção de lixo/areia/neve/gelo de estradas/pistas de pouso e decolagem/aviões, etc., colheita de fruta/vegetal/grão, etc. de árvores/arbustos/plantas e aplicações de agricultura comparáveis, limpeza industrial (por exemplo, expurgar chaminés/precipitadores), formação de

objeto (por exemplo, um pressionamento complacente/processo de moldagem), supressão de fogo e, em geral, a maior parte de qualquer aplicação de área de negação/segurança.

Uso da Força de Recuo de uma Onda de Sobrepressão para Exploração Sísmica

O gerador de onda de sobrepressão da presente invenção descrito anteriormente
5 pode ser aumentado a fim de aproveitar a sua força de recuo para propósitos de exploração sísmica. Força de recuo é o recuo ou força para trás produzida pela detonação de ondas de sobrepressão. Esta força é igual ao derivativo da energia para trás resultante da detonação de ondas de sobrepressão. Em uma modalidade do sistema de exploração sísmica de acordo com a presente invenção, tal como mostrado na figura 13, o sistema de exploração sísmica 1300 inclui um gerador de onda de sobrepressão 11, um componente de acoplamento 1312, um mecanismo de estabilização 1313 para controlar o movimento do gerador de onda de sobrepressão, um controlador 1314 para controlar a operação do gerador de onda de sobrepressão 11, um detector de eco 1316, um gravador de dados 1318, um processador de imagem 1320 e um dispositivo de exibição 1322. Deve ser entendido que embora os elementos mencionados anteriormente do sistema 1300 estejam identificados separadamente, estes elementos necessariamente não têm que ser separados fisicamente. Alguns elementos podem ser configurados para residir na mesma máquina, por exemplo, o controlador 1314, o gravador de dados 1318 e o processador de imagem 1320 podem todos ser partes de um único computador. O sistema 1300 pode incluir opcionalmente um aparelho de amortecimento de som 1324 que inclui o respiradouro 1328 usado para fornecer gás de diluição (por exemplo, ar) usado para impedir que detonação continue para dentro do aparelho de amortecimento de som 1324. Alternativamente, o sistema de exploração sísmica pode ser operado sem usar o componente de acoplamento 1312, em cujo caso o gerador de onda de sobrepressão 11 ficará diretamente em contato com o solo 1330.

25 O gerador de onda de sobrepressão exemplar 11 do sistema 1300 pode incluir qualquer uma das variações descritas anteriormente. Ele inclui uma fonte elétrica (ou de laser) para produzir uma centelha, um tubo de detonação, uma fonte de mistura de gás que fornece o gás fluindo para dentro do tubo de detonação e um detonador. Para os propósitos da descrição a seguir, o gerador de onda de sobrepressão pode ser alternativamente um grupo de tubos de detonação que são detonados simultaneamente a fim de produzir uma onda de sobrepressão combinada.

O gerador de onda de sobrepressão é detonado para gerar uma onda de sobrepressão, a qual é opcionalmente amortecida pelo silenciador 1324. A geração da onda de sobrepressão causa uma força de recuo correspondente que o componente de acoplamento 1312 acopla a um meio alvo tal como o solo, gelo ou água para produzir uma onda acústica conduzida. O mecanismo de estabilização 1313 fornece estabilidade para o movimento do gerador de onda de sobrepressão 11 permitindo substancialmente somente movimento para

cima e para baixo. O componente de acoplamento 1312 pode compreender uma mola ou pode compreender borracha ou algum composto comparável tendo características de mola e amortecimento desejadas, tal como ímãs de polaridades opostas. O componente de acoplamento também compreende o dispositivo de transição de impedância 1326 tendo uma
5 forma desejada que entra em contato diretamente com o solo 1330 para transmitir a onda acústica conduzida. O dispositivo de transição de impedância 1326 pode ter qualquer um dos vários tipos de formas incluindo ter um único ponto aguçado, múltiplos pontos aguçados, uma forma de placa plana que pode ser quadrada, retangular, circular, ou qualquer outra forma desejada. Em uma modalidade exemplar, o dispositivo de transição de impedância
10 1326 tem uma forma plana redonda. Se o meio alvo for água, o componente de acoplamento pode compreender um diafragma que fica em contato com a água. Se o meio alvo for sólido tal como o solo ou gelo, o gerador de onda de sobrepressão alternativamente pode ser colocado diretamente em contato com meio alvo de tal maneira que a sua força de recuo será acoplada diretamente ao meio alvo.

15 De acordo com uma modalidade da presente invenção, múltiplas ondas acústicas conduzidas são entregues para o solo em uma seqüência sincronizada de acordo com um código de sincronização que tem propriedades de correlação desejáveis. A codificação dos pulsos permite que pulsos sejam emitidos em uma taxa mais alta do que a que pode ser realizada ao esperar todos os ecos cessarem antes de novos pulsos serem gerados. Tal
20 codificação aumenta assim a energia do sinal emitido e reduz o tempo necessário para conseguir uma imagem de uma dada razão sinal para ruído. Por exemplo, um código Barker tem propriedades de autocorrelação desejáveis. Qualquer uma das várias técnicas de codificação que forneçam propriedades de correlação desejáveis que são bem conhecidas na técnica de radar e comunicações pode ser usada.

25 Tal como mencionado anteriormente, a onda de sobrepressão é gerada pela explosão controlada e direcionada de uma mistura combustível-ar ou combustível-oxigênio gasosa ou dispersada detonável. Qualquer um dos diversos combustíveis inflamáveis pode ser usado incluindo etano, metano, propano, hidrogênio, butano, álcool, acetileno, gás MAPP, gasolina e combustível de aviação. O uso de tais combustíveis inflamáveis têm vantagens
30 significativas em relação a explosivos sólidos e/ou líquidos, uma vez que eles são facilmente obteníveis a partir de várias fontes e são de custo relativamente baixo. A onda de sobrepressão é gerada de acordo com parâmetros de detonação tais como a razão de massa da mistura combustível-oxidante, um código de sincronização, etc.

35 Além disso, a explosão de um combustível inflamável produz resultados mais precisos. Energia máxima é transmitida para o solo por unidade de tempo resultando em uma imagem mais clara. A maior clareza é atribuída à redução dos efeitos de não linearidade. Os efeitos de não linearidade são substancialmente reduzidos por causa de o componente de

acoplamento 1312 não comprimir a terra produzindo assim sinais geralmente lineares. Além do mais, uma série de explosões menores pode ser estabelecida durante um período de tempo, e os sinais recebidos resultantes podem ser integrados para obter qualquer grau desejado de resolução e qualquer profundidade desejada pode ser alcançada pela extensão do período de detecção.

O controlador 1314 é usado para controlar a operação do gerador de onda de sobrepressão 11. O controlador 1314 pode ser um computador portátil ou estação de trabalho que seja programada para gerar a seqüência de sincronização codificada em tempo desejada mediante o que o gerador de onda de sobrepressão 11 é disparado.

O detector de eco 1316 pode ser elaborado de um arranjo de sensores ou geofones. Este arranjo de geofones constitui um arranjo de abertura sintética que é análogo ao radar de arranjo de abertura sintética. Este arranjo de abertura sintética leva em conta a captura de dados de imagem limpos e altamente focalizados da subsuperfície em múltiplos comprimentos focais e em tempo real sem deslocar ou modificar a configuração de arranjo. Isto permite que dados obtidos de um arranjo de sensores não direcionais sejam focalizados em qualquer ponto no solo por meio de pós-processamento. Tal processamento é a analogia geofísica ao processamento de arranjo de abertura sintética, significando que os dados provenientes dos geofones individuais podem ser combinados coerentemente para ser o equivalente de um geofone focalizável muito maior. Usando este arranjo de abertura sintética, coleta de dados é feita com geofones menores do que com explosivos ou acopladores de vibração. Além disso, o arranjo de geofones pode ser distribuído aleatoriamente e não são exigidos que sejam dispostos em um arranjo de grade convencional.

Os dados ou ecos capturados pelo detector de eco 1316 são armazenados no gravador de dados 1318 para processamento subsequente. Vários tipos de dispositivos de armazenamento comumente conhecidos na técnica podem ser usados como o gravador de dados 1318. De forma similar, dispositivos convencionais comumente conhecidos na técnica podem ser usados como o processador de imagem 1320 e o dispositivo de exibição 1322.

A figura 14 ilustra as etapas lógicas executadas durante a operação do sistema 1300 de acordo com a presente invenção. Na etapa 1400, o gerador de onda de sobrepressão 11 e o componente de acoplamento 1312 dirigem uma seqüência de ondas acústicas conduzidas codificadas em tempo para a subsuperfície, onde elas são refletidas e espalhadas pelas variações de subsuperfície nas propriedades físicas.

Na etapa 1420, os ecos ou ondas retornando para a superfície são detectados pelo detector de eco 1316, isto é, os geofones. Os geofones registram as histórias de tempo de movimento de solo durante alguns segundos. As amplitudes, freqüências e fases destas gravações de marcas são afetadas por várias propriedades físicas da subsuperfície tais como constantes elásticas, geometria, dimensões, inelasticidade e anisotropia.

Na etapa 1440, o gravador de dados 1318 armazena a resposta da terra tal como detectada pelos geofones. O gravador de dados 1318 se comunica com os geofones por meio de um conversor analógico para digital e um multiplexador, e registra e armazena os dados em um dos diversos dispositivos de armazenamento opcionais para processamento e exibição subseqüentes.

Na etapa 1460, os dados gravados podem ser processados pelo processador de imagem 1320 de acordo com vários algoritmos de imageamento bem conhecidos e os resultados podem então ser exibidos por meio do dispositivo de exibição 1322.

A apresentação convencional de dados sísmicos é plotar uma série de amplitudes de retorno versus formas de onda de tempo no eixo geométrico vertical (uma plotagem de forma de onda). Os “balanços” são reflexões por causa da falta de homogeneidade das propriedades físicas. O esquema do arranjo de geofone e o subseqüente processamento de dados para formar uma imagem a partir de um arranjo de abertura sintética é análogo ao de um arranjo de radar de abertura sintética. Em analogia com sistemas de lentes óticas, um arranjo de antena de comprimento focal fixado não permaneceria em foco através da profundidade total exigida de campo se o sistema tiver que desenhar imagem de perto da superfície para centenas de pés (metros) abaixo da superfície. Assim, a antena necessitaria ser tanto grande para cobrir uma razoável área de solo como também focalizável em tempo real.

Uma vez que reflexões fora de eixo são recebidas sucessivamente em maiores demoras na antena, elas criam um “dispersador de ponto” que traça uma curva na imagem resultante. Esta curva é calculável, e pode ser removida em pós-processamento. Isto permite que dados obtidos de um arranjo de antenas não direcionais sejam focalizados em qualquer ponto no solo por meio de pós-processamento. Tal processamento de arranjo de abertura sintética capacita os dados provenientes das antenas individuais para serem combinados coerentemente a fim de serem o equivalente de uma antena focalizável muito maior.

As curvas de frente de onda de dados primários são geradas virtualmente em tempo real e podem ser interpretadas por um geofísico experimentado. Localizações espaciais e imagens 3-D podem ser geradas pelo uso de processamento de imagem tomográfico padrão. Discriminação de subsuperfície de maior resolução pode ser alcançada por meio da combinação de sucessivas curvas de frente de onda ao longo do tempo.

O sistema 1300 tem a capacidade para fornecer uma rápida visão nos dados no campo em tempo real. Esta capacidade pode ser útil para guiar a direção de esforços de imageamento de subsuperfície com base no que é descoberto no campo e para assegurar que os dados obtidos para serem analisados são de fidelidade suficiente e de razão de sinal para ruído para máxima utilidade.

Alternativamente, múltiplos sistemas 1300 podem ser dispostos em um arranjo es-

parso e métodos de controle de sincronização podem ser usados para direcionar as suas ondas acústicas conduzidas de tal maneira que elas se juntam em uma localização desejada dentro do solo. Tal direcionamento é feito substancialmente da mesma maneira que as ondas de sobrepressão são direcionadas, tal como descrito em relação às figuras 9-11, exceto que ele é realizado com múltiplas ondas acústicas conduzidas controladas em tempo. A figura 15 ilustra os múltiplos sistemas 1300A-1300C sendo controlados de tal maneira que as ondas acústicas conduzidas se deslocam através do solo, por meio dos caminhos diretos 904A-904C, de tal maneira que elas se juntam em um ponto sob o solo 1502. A capacidade para focalizar e direcionar as ondas acústicas conduzidas da presente invenção capacita imageamento de precisão de recursos situados profundamente dentro do solo tal como a formação de óleo 1504. Se o meio alvo for água, o direcionamento de feixe pode ser usado para fazer mapa do fundo de um corpo água.

A figura 16 representa um padrão de arranjo circular exemplar que pode ser usado para propósitos de direcionamento de feixe. Tais padrões podem ser colocados com maiores arranjos para fornecer uma arquitetura escalável usada para explorar grandes áreas. Na figura 16, os sistemas sísmicos 1300 são arranjados nos subarranjos circulares 1602 que podem por si mesmos se tornar parte de um subarranjo circular maior 1604, e assim por diante, para cobrir áreas muito grandes. De uma maneira geral, os sistemas sísmicos 1300 da presente invenção podem ser colocados em qualquer arranjo desejável e prático de localizações conhecidas e usados de acordo com a presente invenção.

Outras Aplicações Capacitadas Usando a Força de Recuo de Uma Onda de Sobrepressão

Outras aplicações capacitadas usando a força de recuo da onda de sobrepressão da presente invenção incluem, mas não se limitando a estas, acionamento de um motor ou uma bomba, impulsão de postes/estacas de proteção para dentro do solo, uso como um dispositivo de socadura (por exemplo, para compactar lixo), uso como um dispositivo de entrada forçada (como um aríete de ataque), imageamento de um fundo de corpo de água e uso para esmagar/deformar objetos/estampar metal, etc.

Uso do Gerador de Onda de Sobrepressão como um Gerador de Onda de Cisalhamento para Exploração Sísmica

Em uma terceira modalidade da invenção, o gerador de onda de sobrepressão 11 é usado como um gerador de onda de cisalhamento para propósitos de exploração sísmica. Uma onda de cisalhamento, também conhecida como onda S, onda secundária ou uma onda S elástica, é um dos dois principais tipos de ondas de corpo elásticas, não citados porque, ao contrário das ondas de superfície, as ondas de cisalhamento se deslocam através do corpo de um objeto. O sistema de exploração sísmica 1700 de acordo com a presente invenção está mostrado na figura 17A. O sistema de exploração sísmica 1700 inclui um ge-

rador de onda de sobrepressão 11, um mecanismo de definição de plano 1702, um componente de acoplamento 1312, um mecanismo de estabilização 1313 para controlar o movimento do gerador de onda de sobrepressão, um controlador 1314 para controlar a operação do gerador de onda de sobrepressão 11, um detector de eco 1316, um gravador de dados 5 1318, um processador de imagem 1320 e um dispositivo de exibição 1322. Deve ser entendido que embora os elementos mencionados anteriormente do sistema 1300 estejam identificados separadamente, estes elementos necessariamente não têm que ser separados fisicamente. Alguns elementos podem ser configurados para residir na mesma máquina, por exemplo, o controlador 1314, o gravador de dados 1318 e o processador de imagem 1320 10 podem todos ser partes de um único computador. O sistema 1700 pode incluir opcionalmente um aparelho de amortecimento de som 1324 que inclui o respiradouro 1328 usado para fornecer gás de diluição (por exemplo, ar) usado para impedir que detonação continue para dentro do aparelho de amortecimento de som 1324. Alternativamente, o sistema de exploração sísmica 1700 pode ser operado sem usar o componente de acoplamento 1312, em cujo 15 caso o gerador de onda de sobrepressão 11 e o mecanismo de definição de plano 1311 ficarão diretamente em contato com o solo 1330.

O gerador de onda de sobrepressão 11 do sistema 1700 pode incluir qualquer uma das variações descritas anteriormente. Ele inclui uma fonte elétrica (ou de laser) para produzir uma centelha, um tubo de detonação, uma fonte de mistura de gás que fornece o gás 20 fluindo para dentro do tubo de detonação e um detonador. Para os propósitos da descrição a seguir, o gerador de onda de sobrepressão pode ser alternativamente um grupo de tubos de detonação que são detonados simultaneamente a fim de produzir uma onda de sobrepressão combinada.

O gerador de onda de sobrepressão 11 é detonado para gerar uma onda de sobre- 25 pressão. A geração da onda de sobrepressão causa uma força de recuo correspondente paralela ao solo fazendo com que o mecanismo de definição de plano 1311 se desloque através do componente de acoplamento 1312. O mecanismo de definição de plano 1311 está em contato com o 1312 para definir um plano através dele perpendicular ao movimento do gerador de onda de sobrepressão 11. O componente de acoplamento 1312 acopla a on- 30 da de cisalhamento ao meio alvo para produzir uma onda acústica conduzida. O mecanismo de estabilização 1313 fornece estabilidade para o movimento do gerador de onda de sobrepressão 11 permitindo somente movimento substancialmente de lado para lado. O componente de acoplamento 1312 pode compreender uma mola ou pode compreender borracha ou algum composto comparável tendo características de mola e amortecimento desejadas.

35 A figura 17B representa uma onda de cisalhamento plana se propagando da direita para a esquerda tal como é produzida dada a orientação do sistema 1700. De uma maneira geral, a onda de cisalhamento plana produzida pelo sistema 1700 tem a mesma direcionali-

dade que a força de recuo do gerador de onda de sobrepressão 11.

A figura 18A representa uma vista plana de um gerador de onda de cisalhamento esférica 1800 de acordo com uma modalidade da presente invenção. Tal como mostrado, dois sistemas de onda de cisalhamento plana 1700A e 1700B são orientados de tal maneira que as ondas de cisalhamento planas que eles produzem são em direções opostas, fazendo com que eles produzam uma onda de cisalhamento esférica.

A figura 18B representa uma onda de cisalhamento esférica se deslocando em um sentido contrário ao dos ponteiros do relógio. De uma maneira geral, a onda de cisalhamento esférica produzida pelo sistema 1800 é no sentido dos ponteiros do relógio ou sentido contrário ao dos ponteiros do relógio dependendo da orientação dos sistemas 1700A e 1700B de um em relação ao outro.

A figura 18C representa uma vista plana de um gerador de onda de cisalhamento esférica 1800 de acordo com uma outra modalidade da presente invenção. Tal como mostrado, quatro sistemas de onda de cisalhamento plana 1700A-1700D são orientados de tal maneira que as ondas de cisalhamento planas que eles produzem são em direções opostas, fazendo com que eles produzam uma onda de cisalhamento esférica.

A figura 18D representa uma vista plana de um gerador de onda de cisalhamento esférica 1800 de acordo com ainda uma outra modalidade da presente invenção. Tal como mostrado, seis sistemas de onda de cisalhamento plana 1700A-1700F são orientados de tal maneira que as ondas de cisalhamento planas que eles produzem são em direções opostas, fazendo com que eles produzam uma onda de cisalhamento esférica.

As várias técnicas de arranjo, técnicas de codificação, etc. descritas de acordo com a segunda modalidade da invenção também são aplicáveis com esta terceira modalidade. Como tal, esta modalidade também tem a capacidade para focalizar e direcionar as ondas acústicas conduzidas, o que capacita imageamento de precisão de recursos situados profundamente dentro do solo tais como a formação de óleo 1504. De forma similar, esta modalidade tem a capacidade para desenhar mapa de um fundo de corpo de água.

O sistema aperfeiçoado de exploração sísmica descrito neste documento foi fornecido como um exemplo dos tipos de aplicações que são capacitadas pela presente invenção. Embora modalidades particulares e diversas aplicações exemplares (ou implementações) da invenção tenham sido descritas, será entendido, entretanto, que a invenção não está limitada a isto, uma vez que modificações podem ser feitas pelos versados na técnica, particularmente considerando os preceitos anteriores. Portanto, é considerado que as reivindicações anexas cobrem quaisquer tais modificações que incorporam esses recursos ou esses aperfeiçoamentos que incorporam o espírito e escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para gerar uma onda acústica conduzida, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende as etapas de:

causar pelo menos uma detonação dentro de pelo menos um tubo de detonação tendo uma extremidade aberta para gerar pelo menos uma onda de sobrepressão;

5 acoplar uma força de recuo da dita pelo menos uma onda de sobrepressão a um meio alvo para gerar pelo menos uma dita onda acústica conduzida.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a dita extremidade aberta do dito pelo menos um tubo de detonação é orientada para direcio-
10 nar a dita pelo menos uma onda de sobrepressão perpendicular ao dito meio alvo e para longe dele.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a dita extremidade aberta do dito pelo menos um tubo de detonação é orientada para direcio-
nar a dita pelo menos uma onda de sobrepressão paralela ao dito meio alvo.

15 4. Método, de acordo com a reivindicação 3, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a dita força de recuo corresponde a uma de uma onda de cisalhamento plana ou uma onda de cisalhamento esférica.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito meio alvo é pelo menos um de solo, gelo ou água.

20 6. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que cada uma de a dita pelo menos uma onda de sobrepressão é gerada por controlar, de acordo com parâmetros de detonação, a detonação de uma mistura combustível-oxidante fluindo dentro de cada um de o dito pelo menos um tubo de detonação.

7. Método, de acordo com a reivindicação 6, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que os ditos parâmetros de detonação compreendem um código de sincronização.

8. Método, de acordo com a reivindicação 7, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito código de sincronização é um código Barker.

9. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente a etapa de:

30 amortecer o som da dita pelo menos uma onda de sobrepressão.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente a etapa de:

direcionar uma pluralidade de ondas acústicas acopladas da dita pelo menos uma onda acústica acoplada para uma localização de interesse dentro do dito meio alvo pelo
35 controle da sincronização relativa da geração de uma pluralidade de ondas de sobrepressão da dita pelo menos uma onda de sobrepressão.

11. Sistema para gerar uma onda acústica conduzida, **CHARACTERIZADO** pelo fato

de que compreende:

pelo menos um tubo de detonação tendo uma extremidade aberta para gerar pelo menos uma onda de sobrepressão; e

um componente de acoplamento para acoplar uma força de recuo da dita pelo menos uma onda de sobrepressão a um meio alvo para gerar pelo menos uma dita onda acústica conduzida.

12. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente um mecanismo de estabilização que fornece estabilidade para o movimento do pelo menos um tubo de detonação.

10 13. Sistema, de acordo com a reivindicação 12, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a dita extremidade aberta do dito pelo menos um tubo de detonação é orientada para direcionar a dita pelo menos uma onda de sobrepressão perpendicular ao dito meio alvo e para longe dele e o dito mecanismo de estabilização permite somente movimento para cima e para baixo.

15 14. Sistema, de acordo com a reivindicação 12, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que a dita extremidade aberta do dito pelo menos um tubo de detonação é orientada para direcionar a dita pelo menos uma onda de sobrepressão paralela ao dito meio alvo e o dito mecanismo de estabilização permite somente movimento de lado para lado.

20 15. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito meio alvo é pelo menos um de solo, gelo ou água.

16. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que cada uma de a dita pelo menos uma onda de sobrepressão é gerada por controlar, de acordo com parâmetros de detonação, a detonação de uma mistura combustível-oxidante fluindo dentro de cada um de o dito pelo menos um tubo de detonação.

25 17. Sistema, de acordo com a reivindicação 16, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que os ditos parâmetros de detonação compreendem um código de sincronização.

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 17, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que o dito código de sincronização é um código Barker.

30 19. Sistema, de acordo com a reivindicação 11, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende adicionalmente:

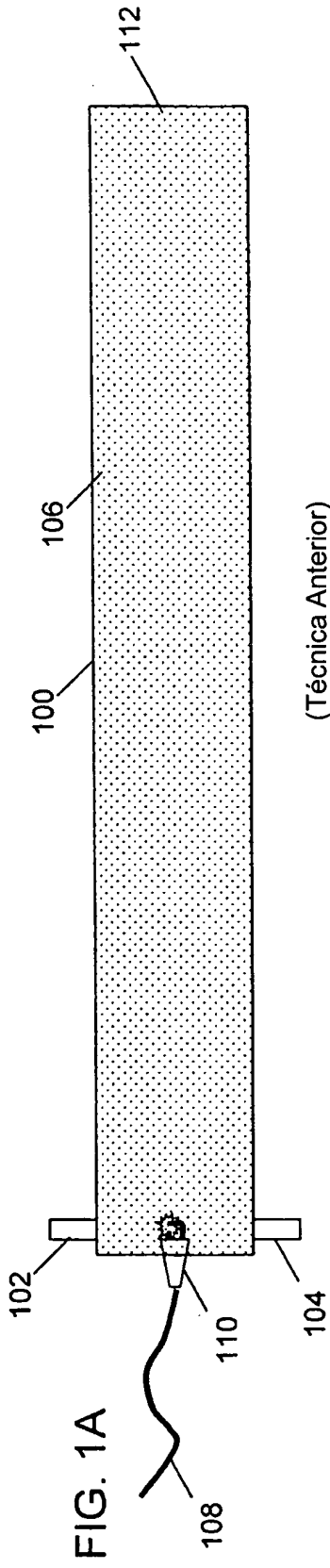
um silenciador associado com o dito pelo menos um tubo de detonação.

20. Sistema para gerar e direcionar ondas acústicas conduzidas, **CHARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

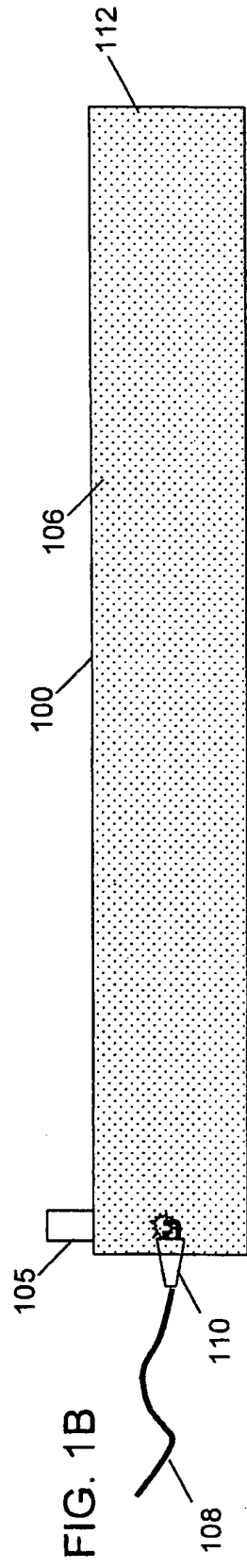
35 uma pluralidade de geradores de onda de sobrepressão posicionados em um arranjo esparso, cada um da dita pluralidade de geradores de onda de sobrepressão compreendendo pelo menos um tubo de detonação tendo uma extremidade aberta e sendo usado para gerar uma pluralidade de ondas de sobrepressão, cada uma da dita pluralidade de on-

das de sobrepressão tendo uma força de recuo; e

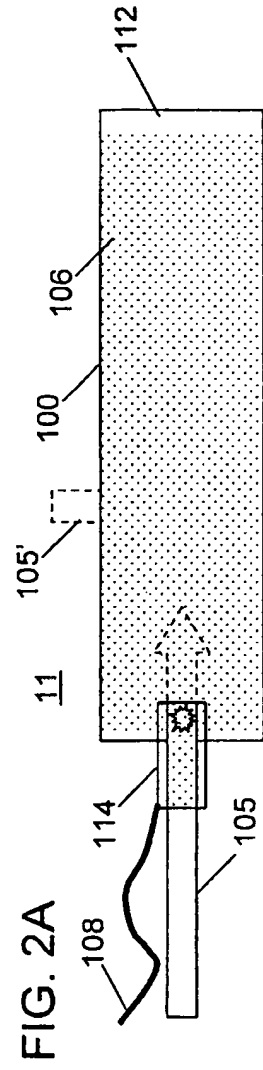
- 5 uma pluralidade de componentes de acoplamento para acoplar as ditas forças de recuo da dita pluralidade de ondas de sobrepressão a um meio alvo para gerar as ditas ondas acústicas conduzidas, as ditas ondas acústicas conduzidas sendo direcionadas para uma localização de interesse dentro do dito meio alvo com base na sincronização relativa da geração da dita pluralidade de ondas de sobrepressão.

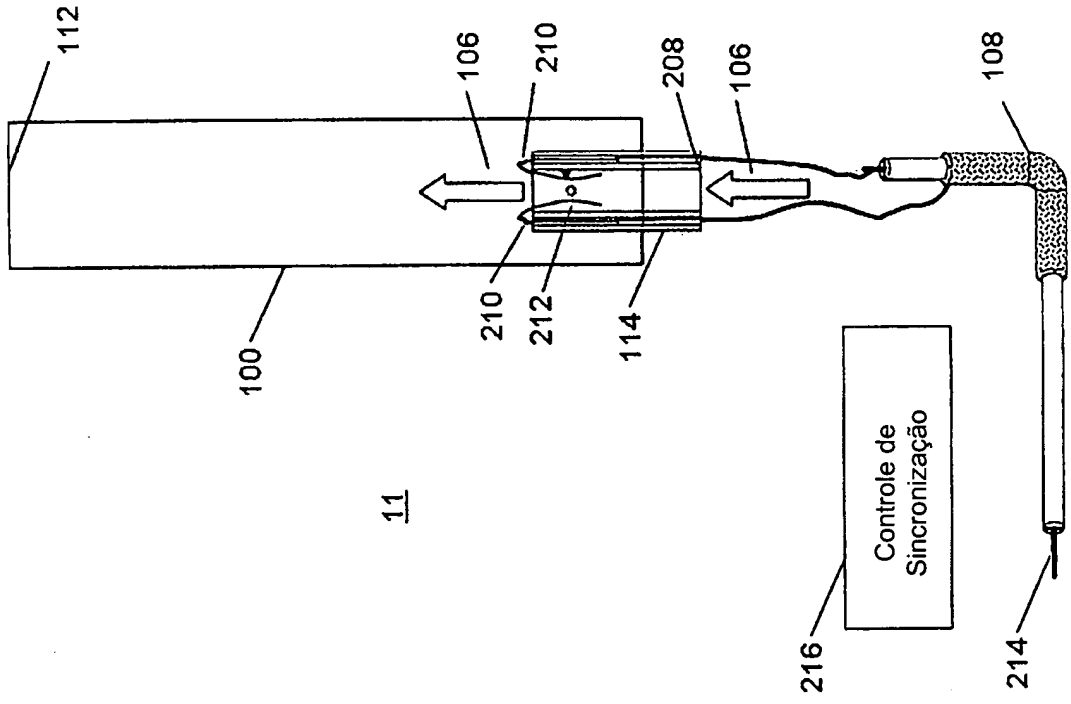


(Técnica Anterior)



(Técnica Anterior)





11

FIG. 2B

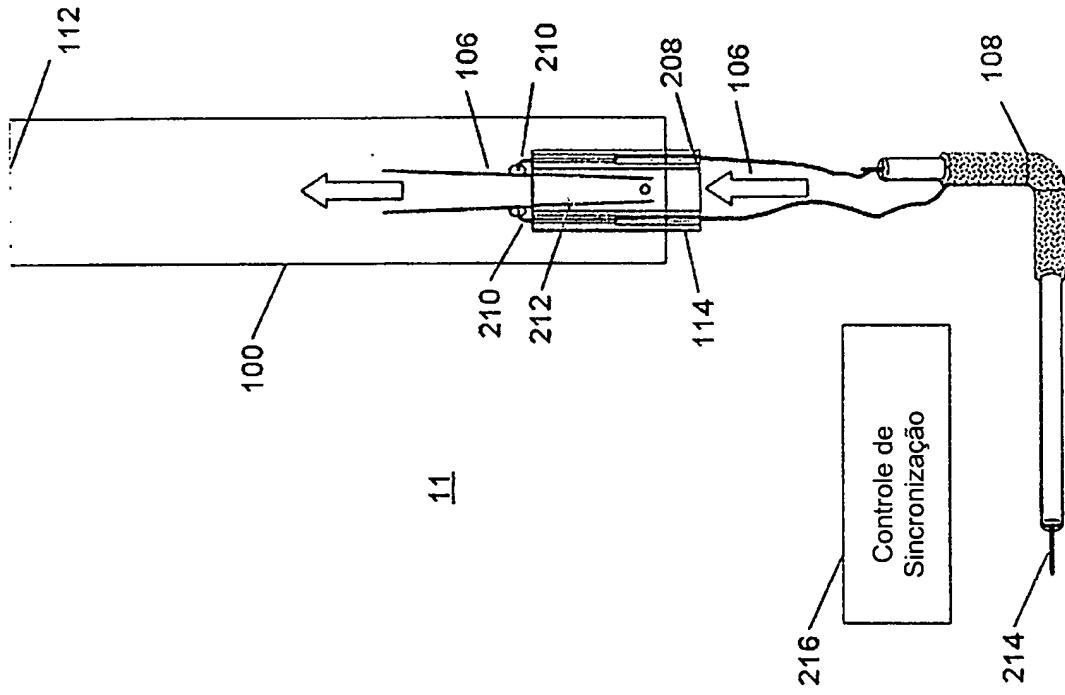


FIG. 2C

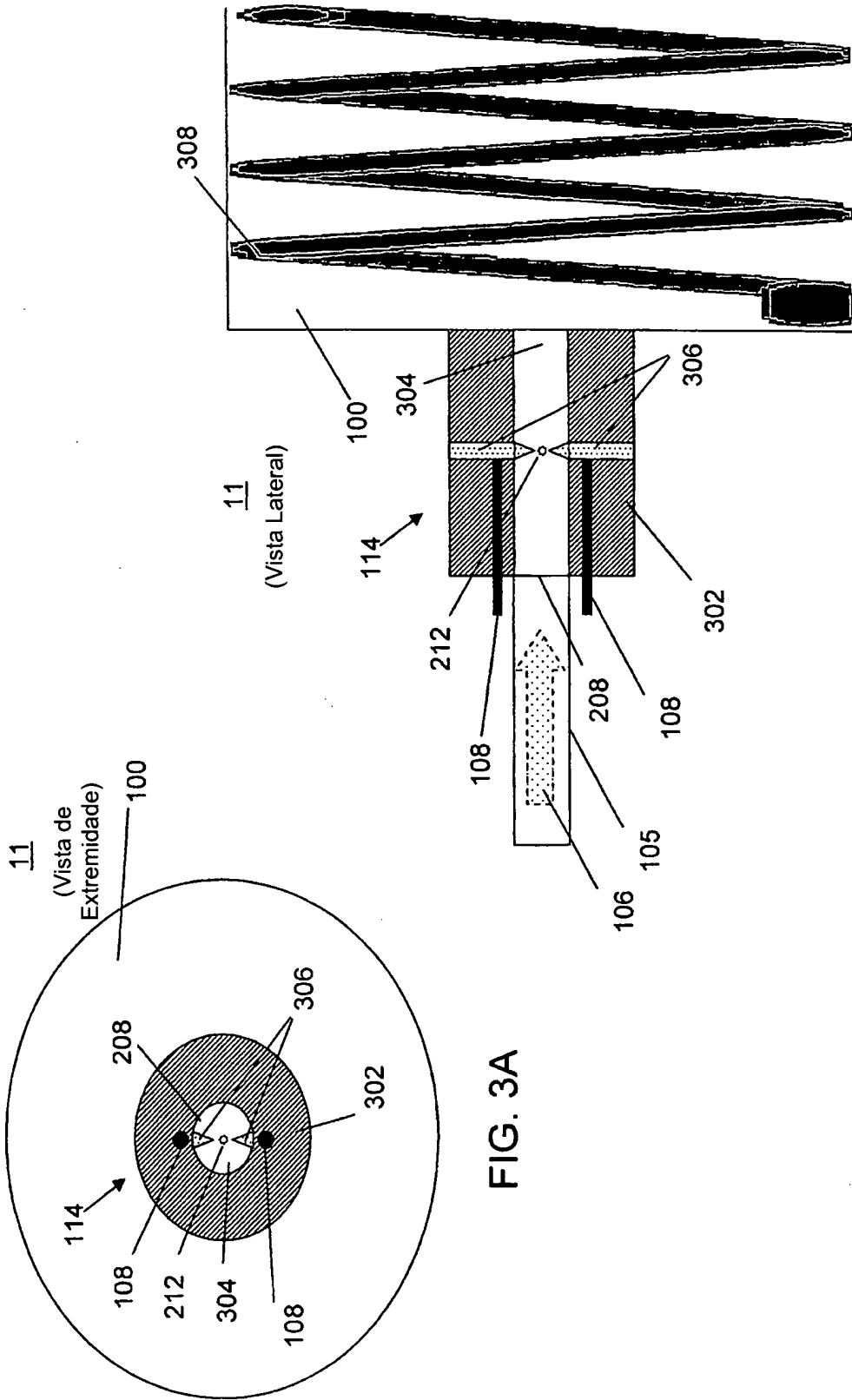


FIG. 3A

FIG. 3B

400

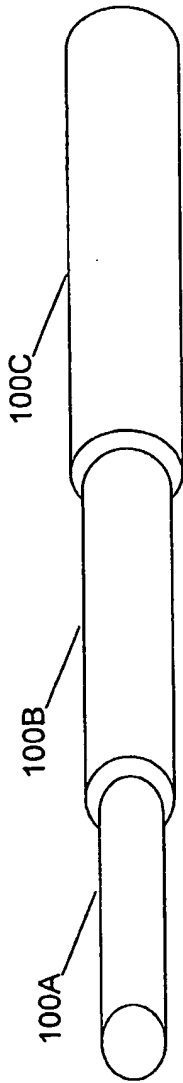


FIG. 4

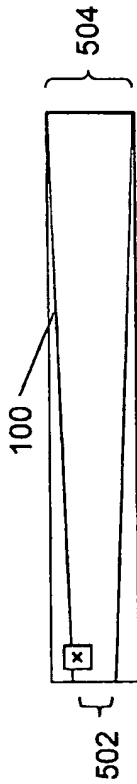


FIG. 5

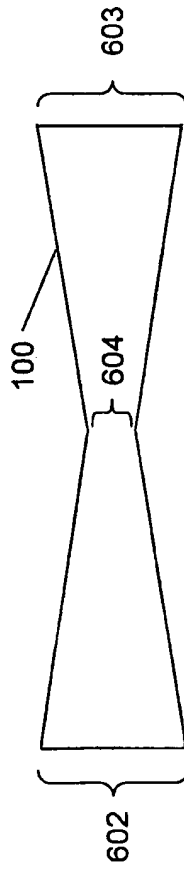


FIG. 6

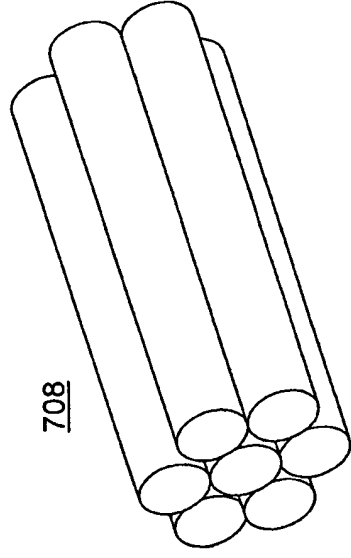
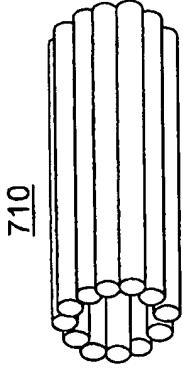
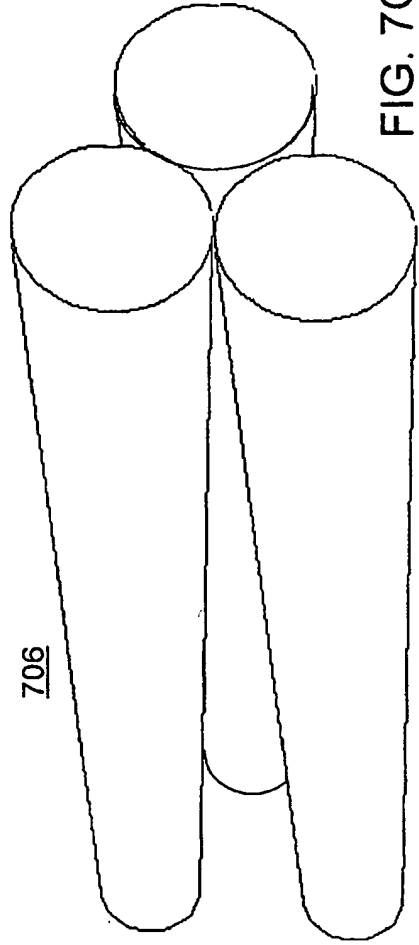
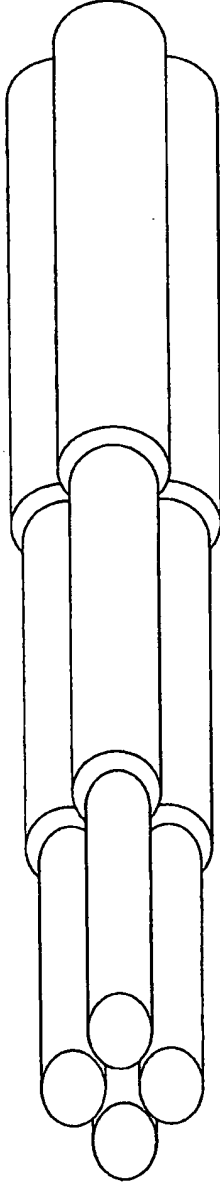
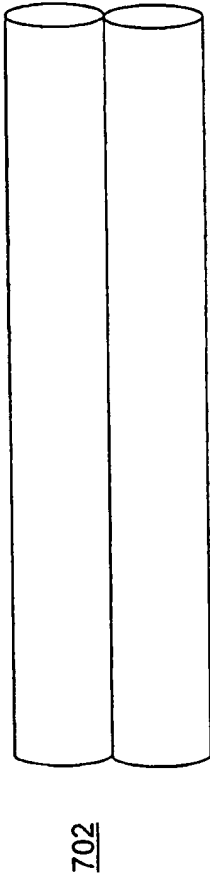


FIG. 7E

FIG. 7D

FIG. 7C

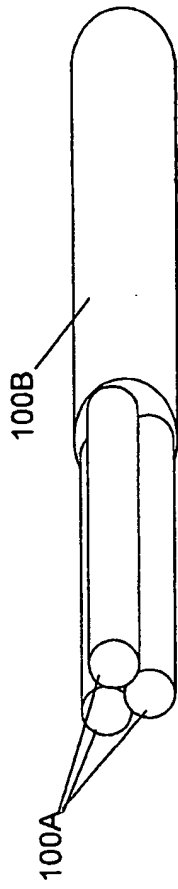


FIG. 8

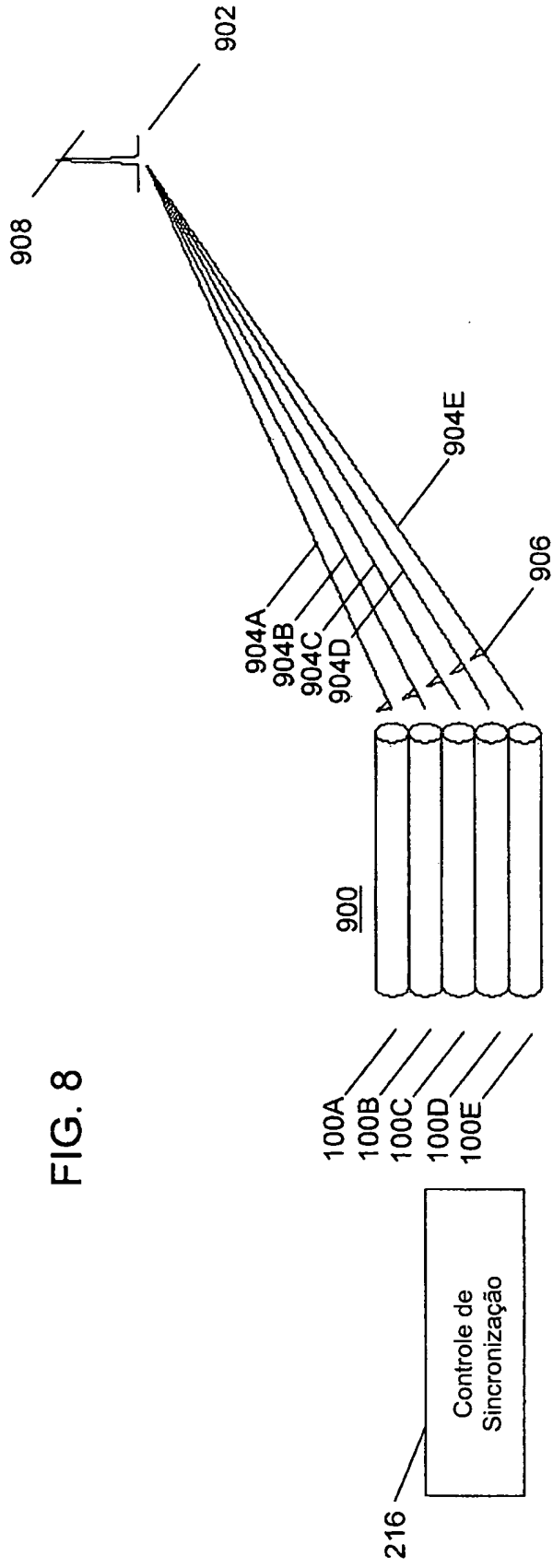
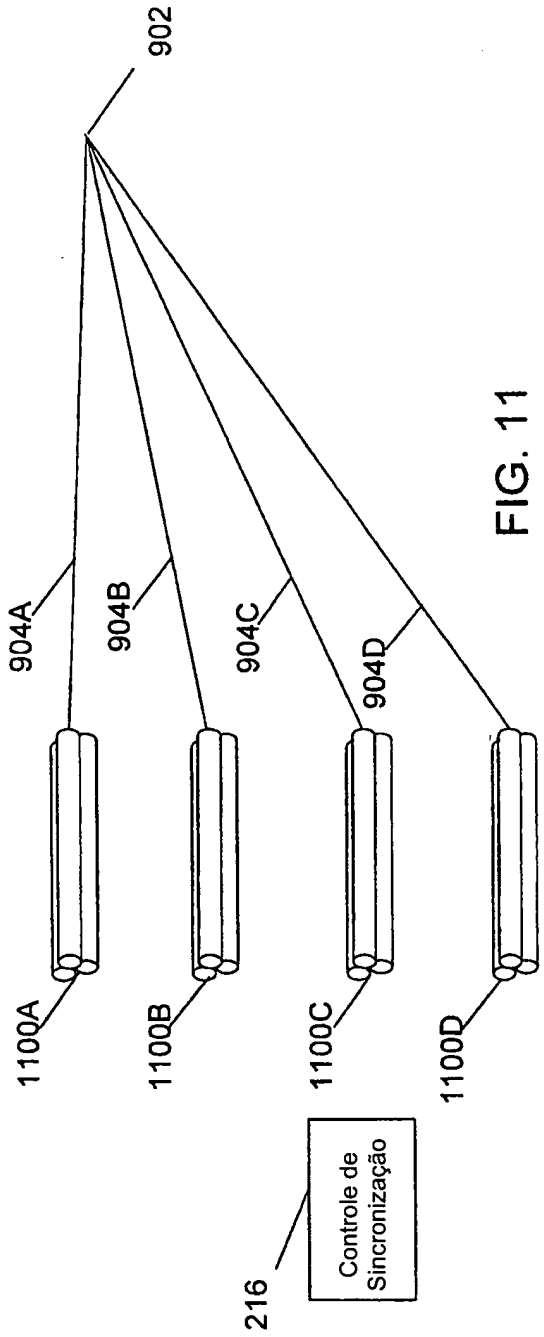
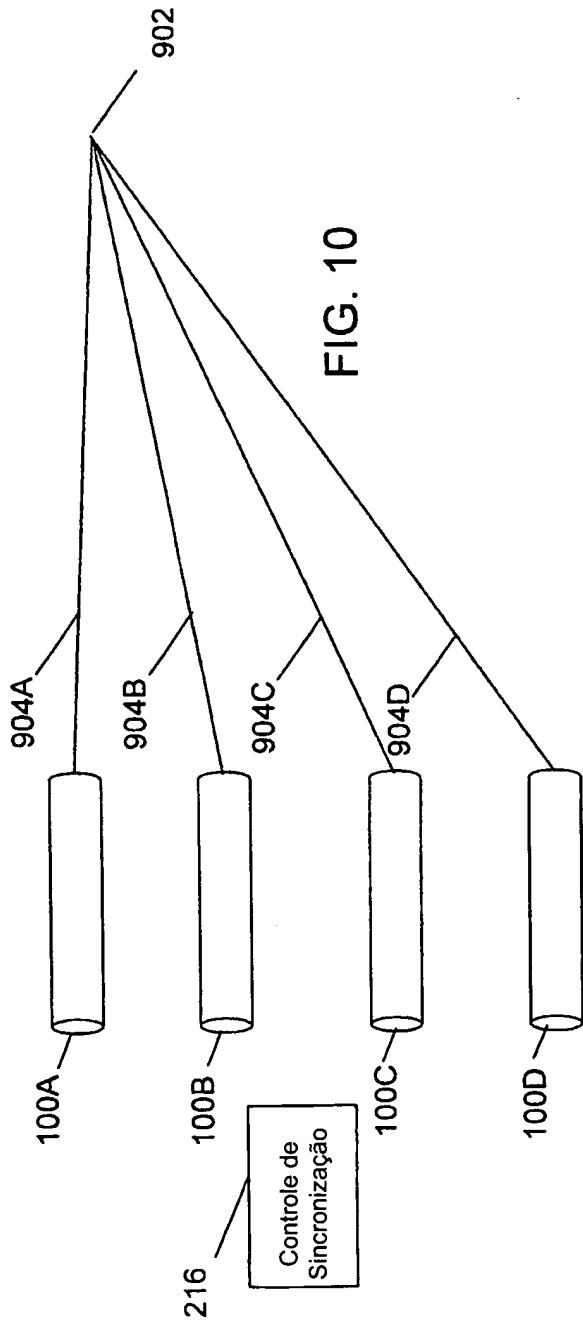


FIG. 9



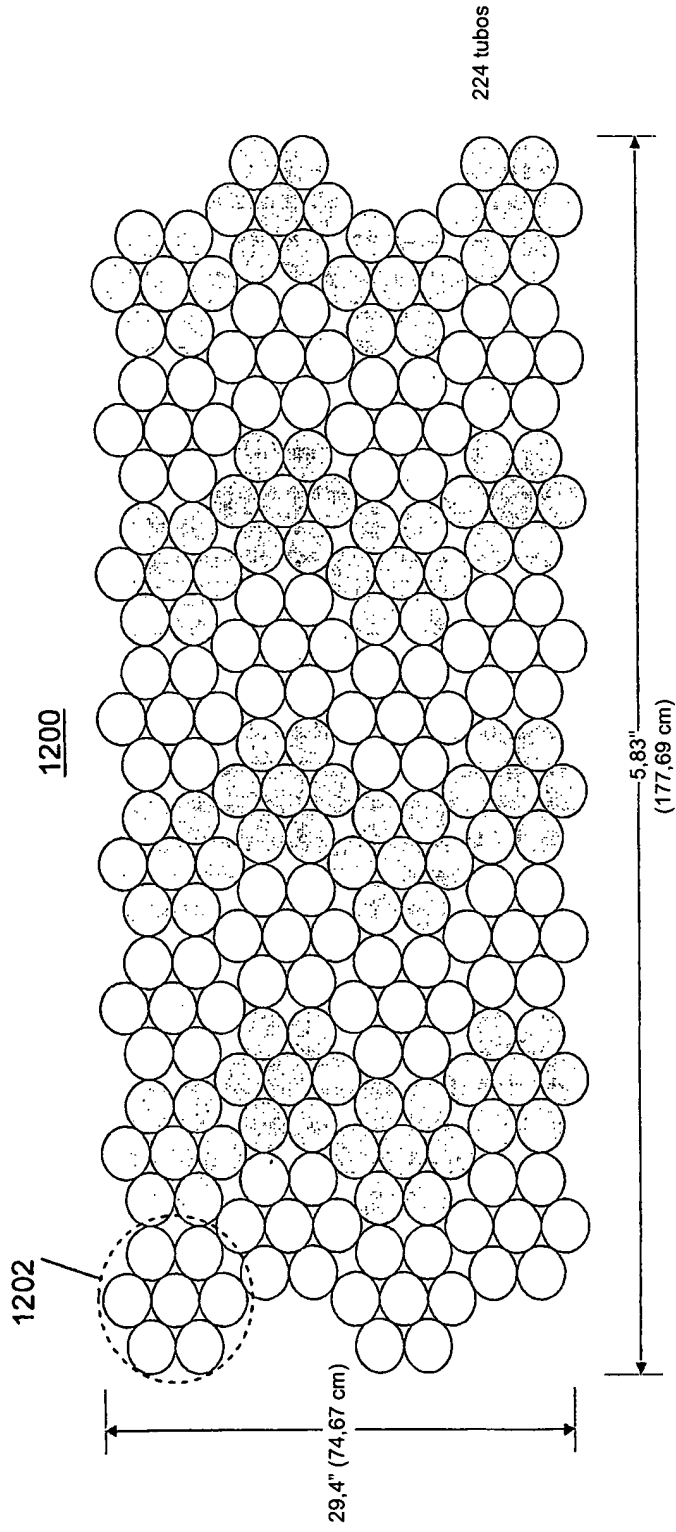


FIG. 12

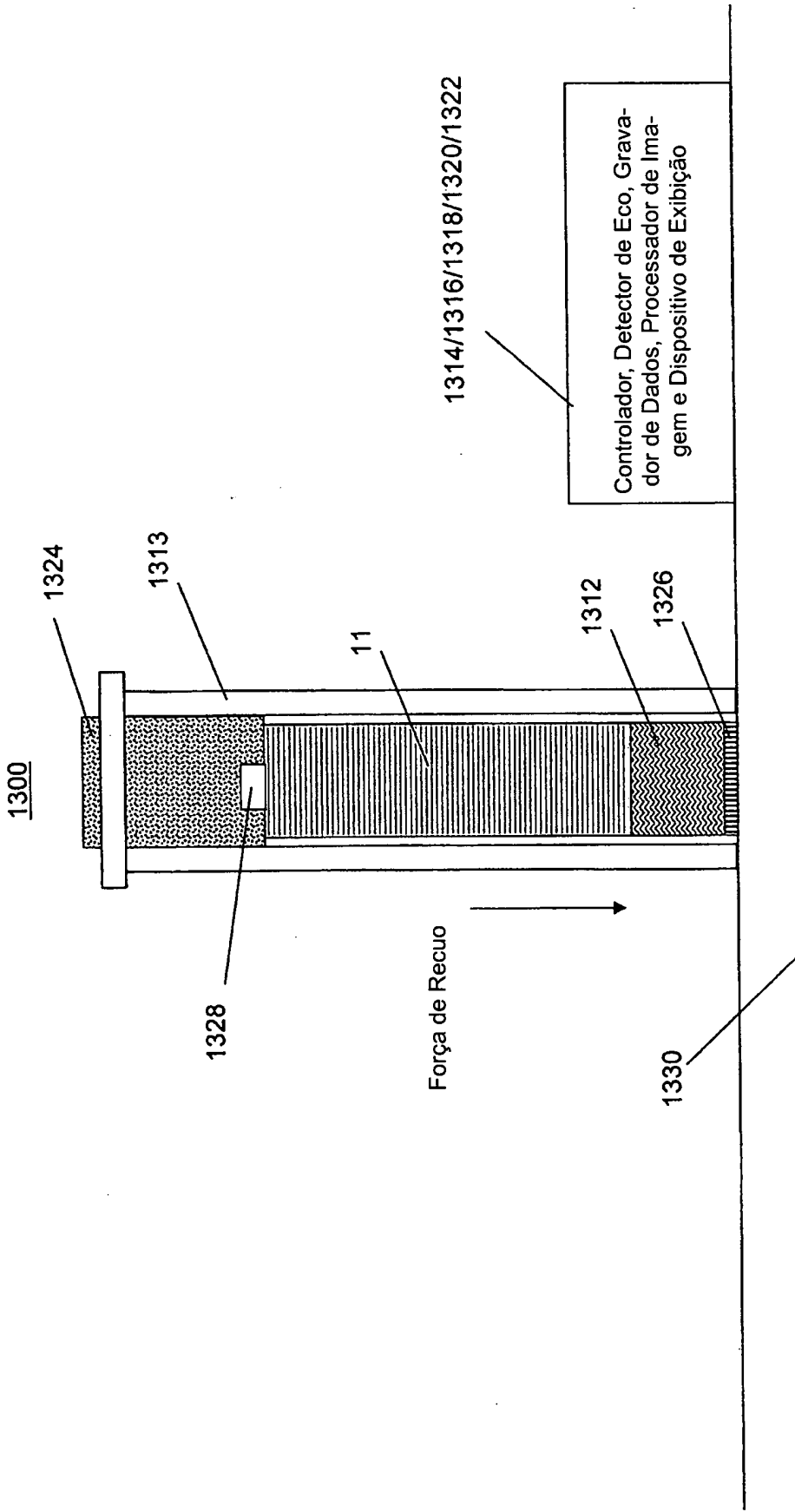


FIG. 13

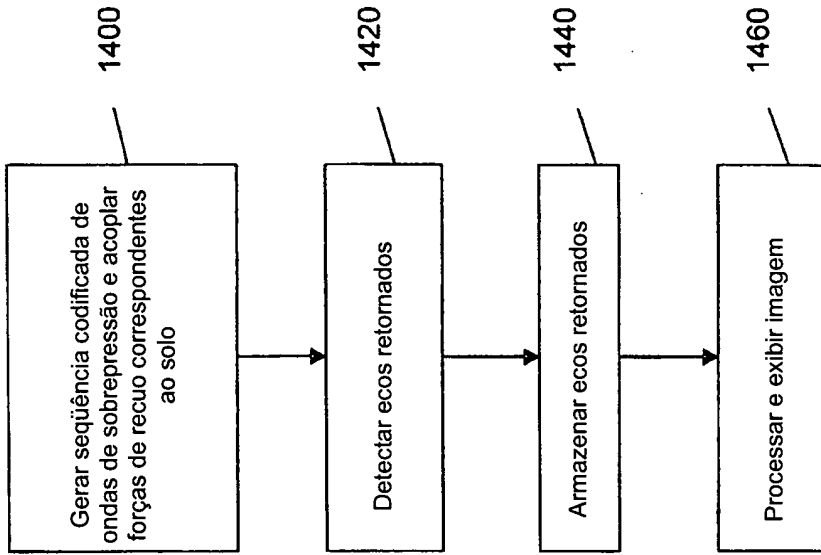


FIG. 14

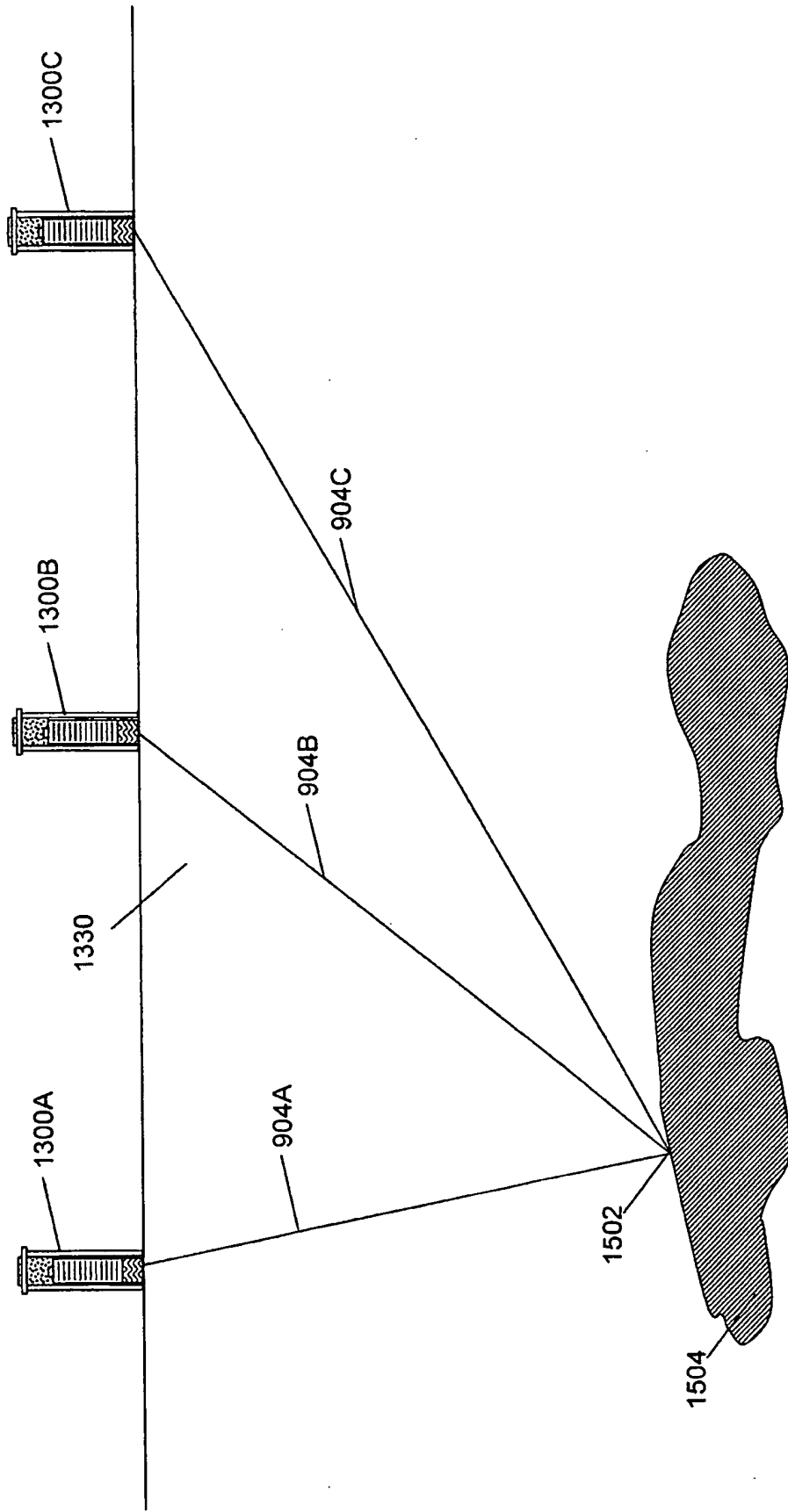


FIG. 15

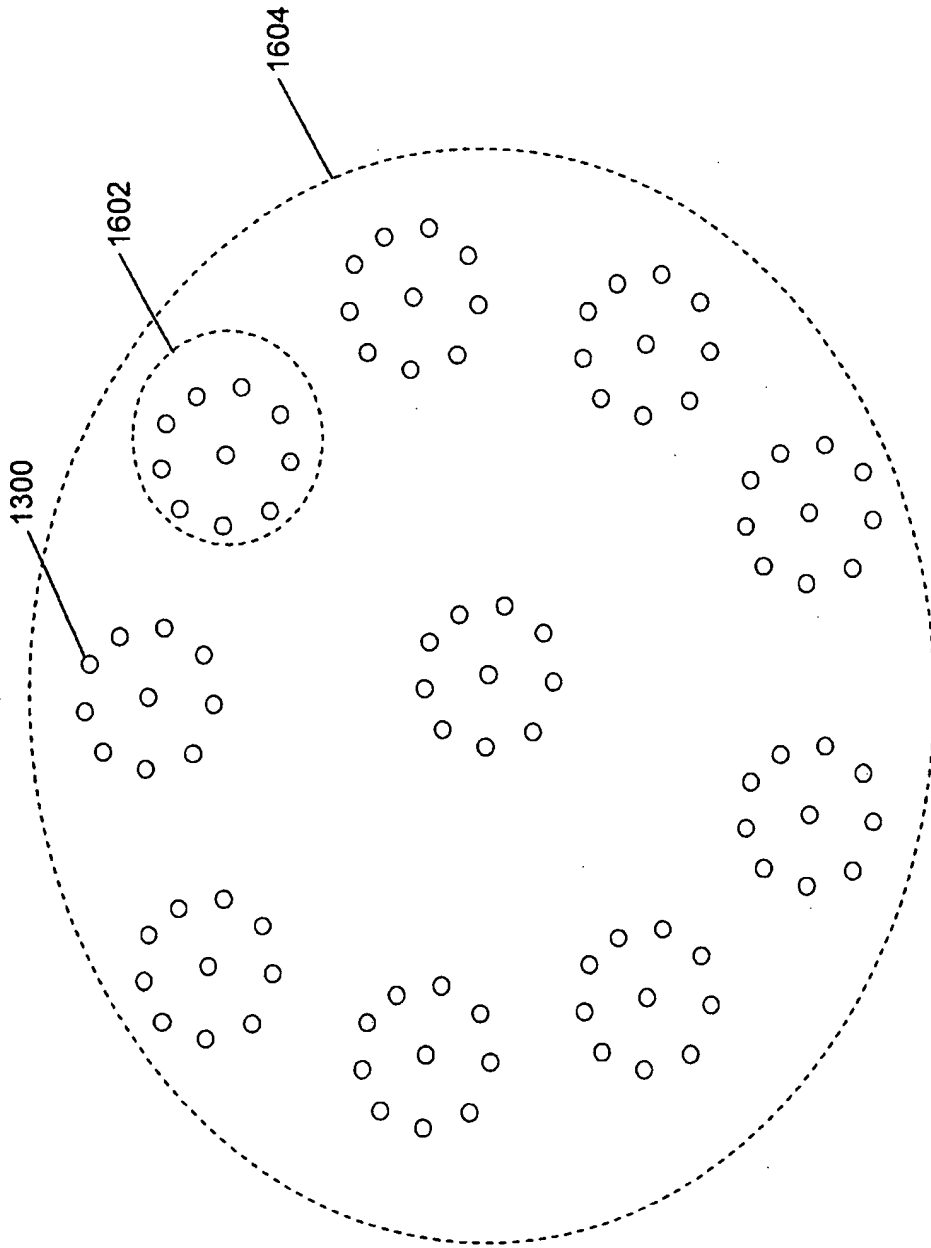


FIG. 16

1700

VISTA LATERAL

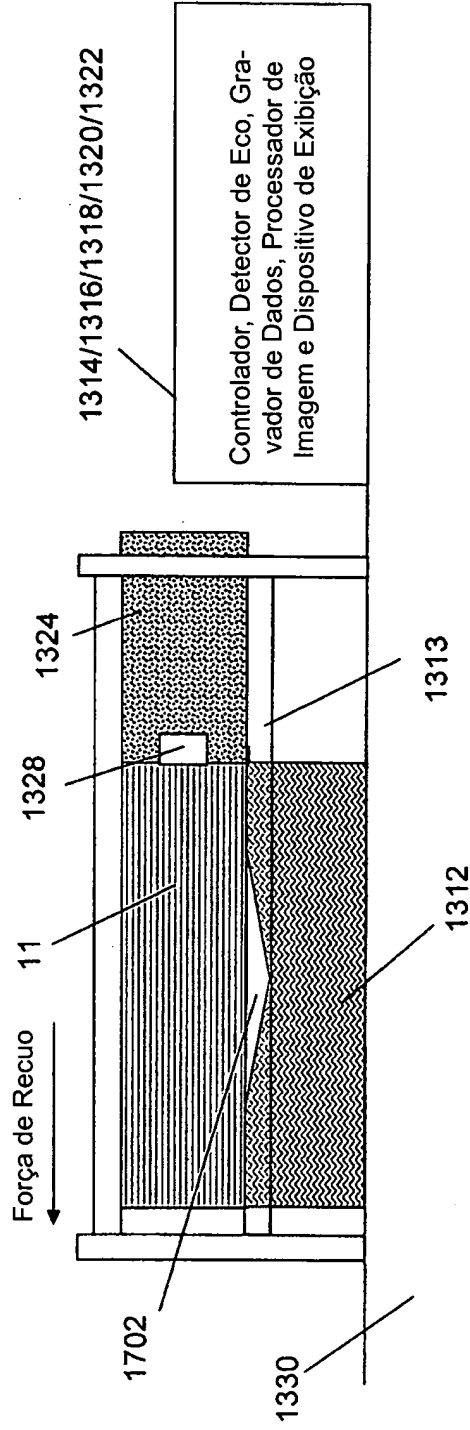
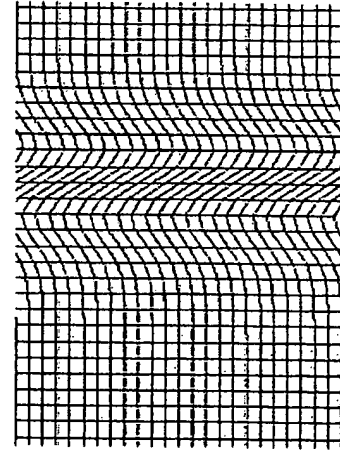


FIG. 17A



1700

VISTA PLANA

FIG. 17B

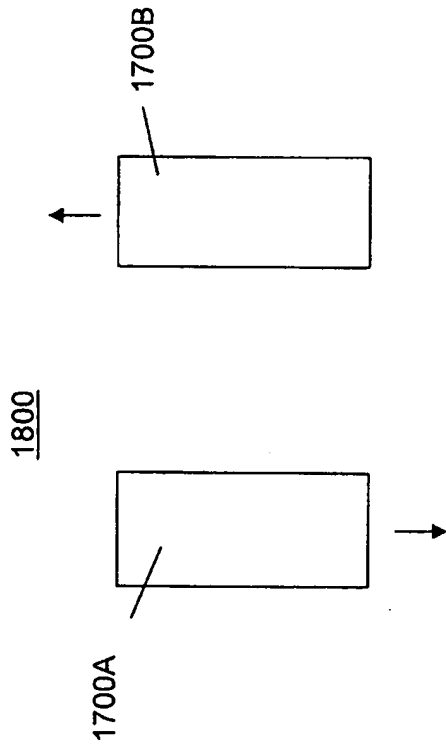


FIG. 18A

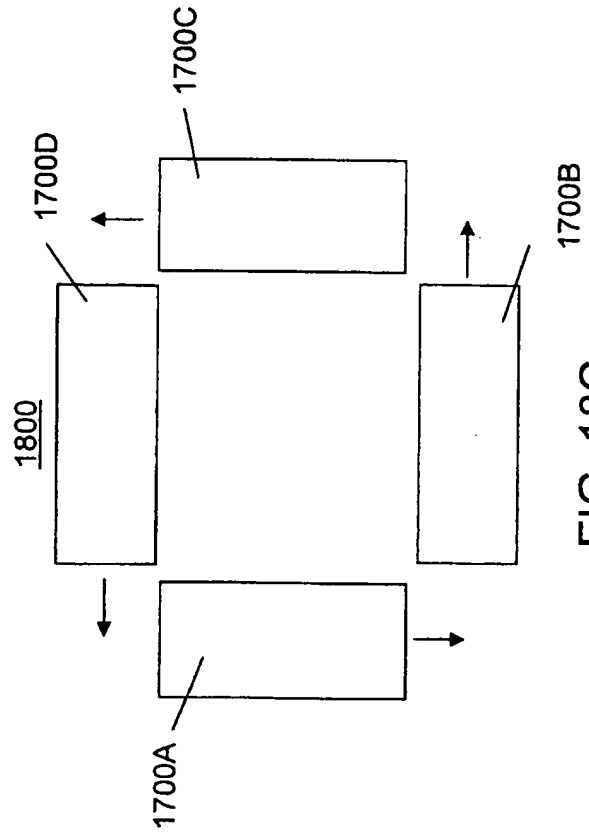


FIG. 18C

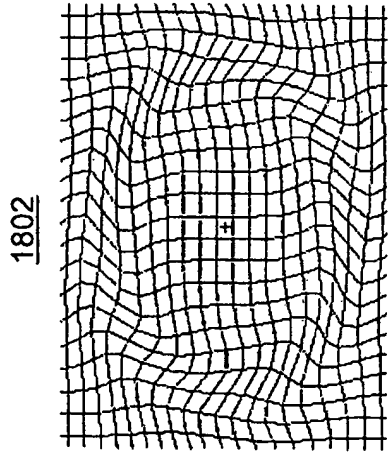


FIG. 18B

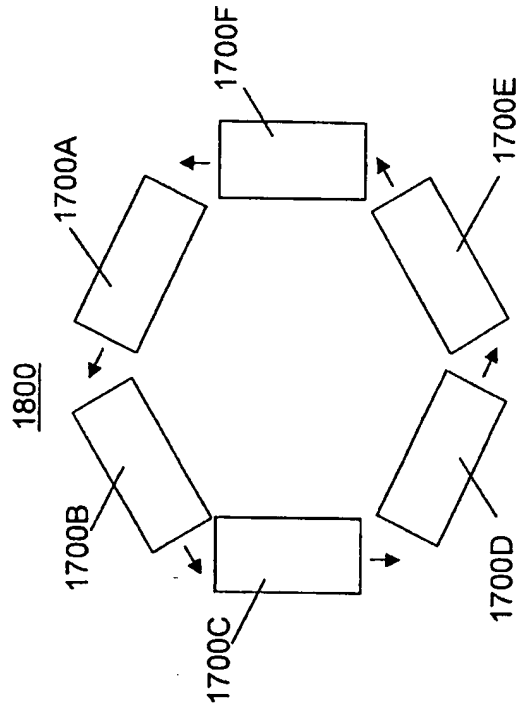


FIG. 18D

RESUMO**“SISTEMA E MÉTODO PARA GERAR E CONTROLAR ONDAS ACÚSTICAS CONDUZIDAS PARA EXPLORAÇÃO GEOFÍSICA”**

Um sistema e método aperfeiçoado para gerar e controlar ondas acústicas conduzidas para exploração geofísica são fornecidos. Uma pluralidade de ondas de sobrepressão é gerada por pelo menos um gerador de onda de sobrepressão compreendendo pelo menos um tubo de detonação tendo uma extremidade aberta. O pelo menos um gerador de onda de sobrepressão é orientado, assim a pluralidade de ondas de sobrepressão não é direcionada diretamente na direção de um meio alvo. A força de recuo do pelo menos um gerador de onda de sobrepressão ocorrendo durante geração da pluralidade de ondas de sobrepressão é acoplada ao meio alvo para gerar ondas acústicas conduzidas. A sincronização da geração da pluralidade de ondas de sobrepressão pode ser de acordo com um código de sincronização e pode ser usada para direcionar as ondas acústicas conduzidas para uma localização de interesse no meio alvo.