



(21) BR 102018008906-4 A2



(22) Data do Depósito: 02/05/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 21/11/2018

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

(54) Título: CABOS DE SENSOR GEOFÍSICO

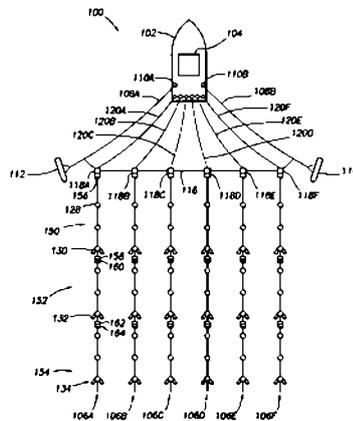
(51) Int. Cl.: G01V 1/38.

(30) Prioridade Unionista: 03/05/2017 US 62/500,570; 05/05/2017 US 62/501,970; 19/04/2018 US 15/957,705.

(71) Depositante(es): PGS GEOPHYSICAL AS.

(72) Inventor(es): ANDERS GÖRAN MATTSSON; STIG RUNE LENNART TENGHAMN; FREDERICK JAMES BARR.

(57) Resumo: "CABOS DE SENSOR GEOFÍSICO". A presente invenção refere-se a pelo menos algumas das modalidades exemplares que são seções do cabo do sensor incluindo grupos de hidrofones definidos ao longo de uma seção do cabo de sensor geofísico, o grupo de hidrofones pode incluir: um substrato em material flexível tendo traços elétricos nele, o substrato dentro do volume interno ou incorporado dentro do revestimento externo, e o substrato tendo um comprimento medido paralelo ao eixo longitudinal; e uma pluralidade de hidrofones mecanicamente acoplada ao substrato. O substrato pode ter uma variedade de formatos, incluindo uma ou mais tiras, hélice, hélice dupla e cilíndrica.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**CABOS DE SENSOR GEOFÍSICO**".

REFERÊNCIA CRUZADA AOS PEDIDOS RELACIONADOS

[001] Este pedido reivindica o benefício do Pedido Provisório Norte-Americano 62/500.570 depositado em 3 de maio de 2017, e também reivindica o benefício do Pedido Provisório Norte-Americano 62/501.970 depositado em 5 de maio de 2017. Ambos os pedidos provisórios são incorporados por referência como se reproduzido na íntegra abaixo.

HISTÓRICO

[002] Os sistemas de levantamentos geofísicos marinhos são usados para adquirir dados (por exemplo, sísmicos, eletromagnéticos) em relação às formações da Terra abaixo de um corpo de água, como um lago ou oceano. No contexto da aquisição de dados sísmicos, os sistemas de levantamento geofísico marítimo utilizam um ou mais cabos sísmicos flutuantes de sensores tendo uma pluralidade de hidrofones montados no mesmo. No entanto, a fim de manter o cabo sísmico flutuante perto de ser flutuante de forma neutra, o número de hidrofones convencionais que podem ser usados dentro das serpentinas do sensor é limitado. Ou seja, os hidrofones convencionais têm tamanho e peso relativamente altos, e a densidade na qual os hidrofones convencionais podem ser colocados em uma serpentina de sensor é limitada pelo fato de que as serpentinas de sensor são projetadas para serem aproximadamente flutuantes de maneira neutra.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[003] Para uma descrição detalhada de modalidades exemplares, a referência agora será feita aos desenhos anexos na qual:

[004] A Figura 1 mostra uma vista suspensa de um sistema de pesquisa marinha de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[005] A Figura 2A mostra uma vista em perspectiva, parcial

cortada de uma seção do cabo do sensor de acordo com as modalidades exemplares;

[006] A Figura 2B mostra uma vista ampliada de uma porção da Figura 2A, de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[007] A Figura 3 mostra um diagrama em blocos de um layout de grupos de hidrofones de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[008] A Figura 4 mostra uma vista em perspectiva de um substrato e hidrofones de um grupo de hidrofones de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[009] A Figura 5 mostra uma vista em perspectiva de um hidrofone montado em um substrato de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[0010] A Figura 6 mostra, na forma de diagrama em blocos, acoplamento elétrico exemplar de hidrofones de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[0011] A Figura 7 mostra uma vista em perspectiva de uma porção de uma seção do cabo do sensor tendo um substrato helicoidalmente enrolado de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[0012] A Figura 8 mostra uma vista em perspectiva de uma porção de uma seção do cabo do sensor tendo uma pluralidade de substrato helicoidalmente enrolados de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[0013] A Figura 9 mostra uma vista em perspectiva de uma porção de uma seção do cabo do sensor tendo um substrato cilíndrico de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[0014] A Figura 10 mostra três vistas em corte transversal das seções do cabo do sensor exemplares de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[0015] A Figura 11 mostra uma vista em perspectiva parcial

cortada de uma seção do cabo do sensor 200 de acordo com pelo menos algumas modalidades;

[0016] A Figura 12 mostra um método de acordo com pelo menos algumas modalidades; e

[0017] A Figura 13 mostra um método de fabricação de um cabo do sensor geofísico de acordo com pelo menos algumas modalidades.

DEFINIÇÕES

[0018] Vários termos são usados para se referir a componentes específicos do sistema. Diferentes empresas podem se referir a um componente por nomes diferentes - este documento não pretende distinguir entre componentes que diferem em nome, mas não em função. Na discussão a seguir e nas reivindicações, os termos "incluindo" e "compreendendo" são usados de forma aberta e, portanto, devem ser interpretados como "incluindo, mas não se limitando a...". Além disso, o termo "acoplar" ou "acopla" pretende significar uma conexão indireta ou direta. Assim, se um primeiro dispositivo se acopla a um segundo dispositivo, essa conexão pode ser através de uma conexão direta ou através de uma conexão indireta através de outros dispositivos e conexões.

[0019] "Cabo" significa um membro de carga axial flexível que também compreende condutores elétricos e/ou condutores ópticos para transportar energia elétrica e/ou sinais entre componentes.

[0020] "Corda" significará um membro de carga axial flexível que não inclui condutores elétricos e/ou ópticos. Tal cabo pode ser feito de fibra, aço, outro material de alta resistência, corrente ou combinações de tais materiais.

[0021] "Linha" deve significar uma corda ou um cabo.

[0022] "Seção do cabo de sensor geofísico" deve significar um cabo tendo uma pluralidade de sensores geofísicos disposta em localizações espaçadas ao longo do cabo.

[0023] Cabo do sensor geofísico” deve significar uma pluralidade de seções do cabo de sensor geofísico acopladas juntas de ponta a ponta.

[0024] “Material flexível” com relação a um substrato deve significar um filme de material polimérico com traços elétricos nele, e tendo um raio de curvatura mínimo de um centímetro ou mais.

[0025] “Raio de curvatura mínimo” significa uma medida da curvatura interna que um material pode suportar sem dobrar ou danificar.

[0026] “Aproximadamente” em referência a um parâmetro recitado deve significar o parâmetro indicado +/- 10% do parâmetro indicado.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0027] A discussão seguinte é dirigida a várias modalidades da invenção. Embora uma ou mais destas modalidades possam ser preferidas, as modalidades divulgadas não devem ser interpretadas, ou utilizadas de outro modo, como limitativas do escopo da divulgação, incluindo as reivindicações. Além disso, um técnico no assunto entenderá que a descrição seguinte tem ampla aplicação, e a discussão de qualquer modalidade destina-se apenas a ser exemplar dessa modalidade, e não pretende intimar que o escopo da divulgação, incluindo as reivindicações, está limitado a essa modalidade.

[0028] Várias modalidades são dirigidas a métodos e sistemas de levantamento geofísico marinho. Mais particularmente, várias modalidades são dirigidas a métodos e sistemas de pesquisas sísmicas marítimas com serpentinas de sensores que utilizam hidrofones de microssistemas eletromecânicos (MEMS) em várias disposições. Mais particularmente ainda, várias modalidades são dirigidas a métodos e sistemas em que os hidrofones baseados em MEMS montados em substratos em material flexível estão associados

a fluxos de sensores. A especificação primeiro se transforma em uma descrição de um exemplo de sistema de levantamento marinho para orientar o leitor.

[0029] A Figura 1 mostra uma vista suspensa de um sistema de pesquisa marinha 100 de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, a Figura 1 mostra um reboque ou veículo de levantamento 102 tendo equipamento a bordo, aqui coletivamente referido como sistema de gravação 104, como controle de fonte de energia de navegação, e um sistema de aquisição de dados. O veículo de levantamento 102 é configurado para rebocar um ou mais cabos de sensor geofísico 106A-F através da água. No contexto dos cabos de sensor geofísico rebocados, os cabos são aqui referidos como “cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico”. Enquanto a Figura 1 ilustrativamente mostra seis cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico, qualquer número de cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico pode ser usado.

[0030] As cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico 106A-F são, cada uma, acopladas, nas extremidades mais próximas ao veículo de levantamento 102 (ou seja, as extremidades “proximais” ou “de avanço”), a uma respectiva terminação do cabo condutor 118A-F. As terminações do cabo condutor 118A-F são acopladas ou associadas com as linhas de dispersão 116 para controlar as posições laterais das cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico 106A-F com relação entre si e com relação ao veículo de levantamento 102. Conexões elétricas e/ou ópticas entre os componentes adequados no sistema de gravação 104 e os sensores nos cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico 106A-F (por exemplo, sensor 128 no cabo sísmico flutuante do sensor geofísico 106A) podem estar usando cabos condutores internos 120A-F, respectivamente.

[0031] A fim de controlar a profundidade dos cabos sísmicos

flutuantes do sensor geofísico, e em alguns casos para controlar o espaçamento lateral entre os cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico, os cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico podem estar associados com uma pluralidade de dispositivos de posicionamento do cabo sísmico flutuante periodicamente espaçados ao longo dos cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico. Novamente com referência ao cabo sísmico flutuante do sensor geofísico 106A como representativo, um dispositivo de posicionamento 130 pode ser acoplado perto da extremidade proximal do cabo sísmico flutuante do sensor geofísico 106A. Em alguns casos, o dispositivo de posicionamento 130 pode fornecer apenas controle de profundidade, como o espaçamento lateral do cabo sísmico flutuante do sensor geofísico perto da extremidade proximal pode ser adequadamente controlado pelas linhas de dispersão 116. Ainda, o cabo sísmico flutuante do sensor geofísico representativo 106A pode ser associado com dispositivos de posicionamento 132 e 134, mostrado acoplado ainda das extremidades proximais. Os dispositivos de posicionamento 132 e 134 podem fornecer não apenas o controle de profundidade, mas também controle de posição lateral. Enquanto a Figura 1 mostra apenas três dispositivos de posicionamento 130, 132, e 134 associados com cabo sísmico flutuante do sensor geofísico representativo 106A, na prática cada cabo sísmico flutuante do sensor geofísico pode ser de alguns milhares metros a 10 quilômetros ou mais em comprimento, e têm dispositivos de posicionamento periodicamente espaçados ao longo de todo o comprimento do cabo sísmico flutuante do sensor geofísico (por exemplo, a cada 20-30 metros).

[0032] Cada cabo sísmico flutuante do sensor geofísico 106A-F pode compreender uma pluralidade de seções do cabo de sensor geofísico (a seguir apenas “seções do cabo do sensor”) acoplada de

ponta a ponta para criar todo o cabo sísmico flutuante do sensor geofísico 106A-F. Por exemplo, e novamente com referência ao cabo sísmico flutuante do sensor geofísico 106A como representativo, o cabo sísmico flutuante do sensor geofísico 106A pode compreender uma pluralidade de seções do cabo do sensor 150, 152, e 154. Enquanto apenas três seções do cabo do sensor são mostradas para não complicar devidamente a figura, na prática cada cabo sísmico flutuante do sensor geofísico pode ser alguns milhares de metros a 10 quilômetros ou mais em comprimento, e cada seção do cabo do sensor (por exemplo, 150, 152, e 154) pode ser aproximadamente 75 a 100 metros em comprimento. Assim, um cabo do sensor geofísico geral ou cabo sísmico flutuante pode ser feito por centenas ou mais seções individuais do cabo do sensor.

[0033] Ainda com referência ao cabo sísmico flutuante do sensor geofísico 106A como representativo, a seção do cabo do sensor mais proximal 150 compreende um conector 156 que acopla ao cabo condutor interno 120A e linhas de dispersão 116. Oposto ao conector 156, a seção do cabo do sensor 150 compreende um conector 158. A seção do cabo do sensor 152 compreende um conector 160 na extremidade proximal que acopla ao conector 158 da seção do cabo do sensor 150, e a seção do cabo do sensor 152 compreende um conector 162 em uma extremidade distal da seção do cabo do sensor 152. A seção do cabo do sensor 154 compreende um conector 164 na extremidade proximal que acopla ao conector 162 da seção do cabo do sensor 152, e a seção do cabo do sensor 154 compreende um conector (não especificamente mostrado) em uma extremidade distal da segunda seção do cabo 154, e assim por diante. Assim, o cabo sísmico flutuante do sensor geofísico representativo 106A é construído de uma pluralidade de seções individuais do cabo do sensor (por exemplo, 150, 152, e 154), cada um pode ter aproximadamente 75 a

100 metros em comprimento.

[0034] O sistema de pesquisa marinha da Figura 1 é um sistema rebocado; entretanto, em outros casos as seções do cabo do sensor podem ser acopladas juntas conforme discutido com relação aos cabos sísmicos flutuantes do sensor geofísico, mas usados como cabos do fundo do mar que permanecem imóveis durante a pesquisa geofísica. Em casos onde os cabos de sensor geofísico são imóveis, a fonte sísmica pode ser rebocada pelo navio de reboque acima dos cabos de sensor geofísico. A discussão abaixo é assim igualmente aplicável aos sistemas rebocados bem como os cabos do fundo do mar de sensor geofísico. A discussão agora se vira a um exemplo da seção do cabo do sensor.

[0035] A Figura 2A mostra uma vista em perspectiva, parcial cortada de uma seção do cabo do sensor 200 de acordo com modalidades exemplares. A Figura 2B mostra uma porção ampliada da Figura 2A. As Figuras 2A e 2B são referidas para coletivamente seguir apenas as Figura 2. Em particular, exemplo da seção do cabo do sensor 200 é representativo de qualquer uma das seções do cabo do sensor da Figura 1 (por exemplo, 150, 152, 154). Exemplo da seção do cabo do sensor 200 compreende um revestimento externo 202 que define um volume interior 204, um conector 206 na extremidade proximal 208 (ou seja, a extremidade mais próxima ao veículo de levantamento 102 (não mostrado na Figura 2)), e um conector 210 na extremidade distal 212 (ou seja, a extremidade oposta à extremidade proximal 208). Exemplo do conector 206 é um conector “fêmea”, e assim define um anel de acoplamento 214 com roscas internas 216, e o anel de acoplamento 214 ainda define uma superfície externa 218. O revestimento externo 202 define um eixo longitudinal 224, e um comprimento L. Em sistemas exemplares, o comprimento L da seção do cabo do sensor 200 tem aproximadamente 100 metros (m) ou

menos, e em um exemplo específico aproximadamente 75 m, mas qualquer comprimento adequado pode ser usado.

[0036] O exemplo do conector 206 compreende uma porção de alojamento 230 acoplada ao anel de acoplamento 214. A porção de alojamento 230 tem um diâmetro externo aproximadamente igual ao diâmetro externo do revestimento externo 202. O conector 206 compreende ainda uma porção de diâmetro reduzido 222 (às vezes referido como um “copo de conservação”), e a extremidade proximal 208 do revestimento externo 202 telescopa e veda contra a porção de diâmetro reduzido 222. O anel de acoplamento 214 é acoplado às porções remanescentes do conector 206 (por exemplo, a porção de alojamento 230 e a porção de diâmetro reduzido 222) de modo que o anel de acoplamento 214 possa girar sobre o eixo longitudinal 224 do revestimento externo 202 (que também é o eixo central do anel de acoplamento 214) enquanto as porções remanescentes do conector 206 são imóveis.

[0037] Exemplo do conector 210 está disposto na extremidade distal 212 oposta ao conector 206. O exemplo do conector 210 define uma porção do conector macho 226 com roscas externas. A porção do conector macho 226 tem um diâmetro externo e o passo da rosca desenhado e construído para acoplar a um anel de acoplamento de um conector da próxima seção distal do cabo do sensor (não mostrada). Segue que o anel de acoplamento 214 do conector 206 na extremidade proximal tem um diâmetro interno e passo da rosca desenhado e construído para acoplar à porção do conector macho da próxima seção proximal do cabo do sensor (não mostrada). O conector 210 também define uma porção de diâmetro reduzido sobre a qual a extremidade distal 212 do revestimento externo 202 telescopa e veda contra o revestimento externo 202, mas a porção de diâmetro reduzido do conector 210 não é mostrada para não complicar indevidamente a

figura.

[0038] No exemplo 200 da seção do cabo do sensor, a tensão associada às forças de reboque (ou forças associadas à implantação e à recuperação do cabo em um contexto de fundo oceânico) são carregadas por um ou mais membros de força na forma de cabos acoplados entre os conectores, e as cordas estão dispostas dentro e estendem-se ao longo do volume interno 204 do revestimento externo 202. O revestimento externo 202 transporta pouca (se alguma) da força de reboque, e em alguns casos o revestimento externo é colocado em ligeira compressão pelos conectores 206/210 e os membros de força. A seção 200 de cabo de sensor geofísico de exemplo compreende dois membros de resistência 232 e 234, ambos os quais correm o comprimento da seção de cabo do sensor 200 e acoplam mecanicamente aos conectores 206 e 210. Enquanto a Figura 2 mostra dois membros de resistência 232 e 234, um ou mais membros de força podem ser usados.

[0039] Ainda com referência à Figura 2, a seção de cabo de sensor 200 compreende ainda uma pluralidade de hidrofones 236 (nem todos os hidrofones são especificamente numerados) espaçados ao longo da seção de cabo de sensor 200. Em particular, o exemplo de caso da Figura 2 compreende um substrato 238 de material flexível ao qual cada hidrofone 236 está diretamente acoplado mecanicamente. Como mostrado na porção ampliada da Figura 2, o substrato 238 compreende traços elétricos 240 criados de qualquer maneira adequada, e os traços elétricos 240 acoplam-se eletricamente à pluralidade dos hidrofones 236. No exemplo mostrado na porção ampliada, os traços elétricos 240 acoplam os dois hidrofones 236 em paralelo, mas outras técnicas de acoplamento exemplificativas são descritas em maior detalhe abaixo. Os traços elétricos 240 podem ser criados como material condutor na superfície exterior do substrato 238

e/ou podem ser criados em camadas internas incorporadas do substrato 238. O substrato 238 pode ser construído de qualquer material adequado, incluindo materiais poliméricos como poliimida. (PI), poliéter éter cetona (PEEK), poliéster (PET), polietileno naftalato (PEN), polieterimida (PEI), juntamente com vários fluropolímeros (FEP). O substrato 238 pode ser alternativamente referido como circuitos impressos flexíveis ou cabos planos flexíveis.

[0040] A seção de cabo de sensor 200 de exemplo compreende ainda um circuito elétrico 242 disposto dentro do volume interno 204 do revestimento externo 202. O circuito elétrico 242 liga-se eletricamente aos hidrofones 236 e acopla-se comunicativamente a um canal de comunicação 244. O circuito elétrico 242 está configurado para detectar os sinais de tensão produzidos pelos hidrofones que respondem à energia sísmica que se propaga para além da seção do cabo do sensor 200. O circuito elétrico 242 pode então amplificar (se necessário) os sinais, realizar a conversão analógico-digital e comunicar os dados ao sistema de gravação 104 (Figura 1) ao longo do canal de comunicação 244. O canal de comunicação 244 estende-se dentro do volume interno 204 do revestimento externo 202. Na medida em que a seção de cabo do sensor 200 é um componente de um cabo sísmico flutuante de sensor muito mais longo 106 (Figura 1), o canal de comunicação 244 pode se estender entre os conectores 206 e 210 e ser comunicativamente acoplado aos canais de comunicação das seções de cabo do sensor contíguo proximal e distal (não mostrado na Figura 2). O canal de comunicação 244 pode assumir qualquer forma adequada, como um ou mais cabos de pares trançados, e/ou um ou mais condutores ópticos. A especificação agora se refere à organização conceitual dos circuitos hidrofones e elétricos da seção de cabo do sensor, com a organização conceitual tendo pelo menos algumas manifestações no layout físico da seção de cabo do

sensor 200.

[0041] A Figura 3 mostra um diagrama em blocos de um layout dos grupos de hidrofones de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, são mostradas na Figura 3 porções da seção do cabo do sensor 200 para contexto, incluindo o conector 206 e o conector 210, mas o revestimento externo é omitido para esclarecimento. Conforme declarado acima, um exemplo da seção do cabo do sensor 200 pode ter um comprimento L de aproximadamente 100 m, e em casos específicos exemplares um comprimento L de aproximadamente 75 m. A seção do cabo do sensor 200 tem hidrofones espaçados ao longo do comprimento L, e para finalidades de gravação da energia sísmica e transmitir indicações da energia sísmica ao sistema de gravação 104 (Figura 1), os hidrofones são divididos em canais de hidrofone ou grupos de hidrofones continuamente definidos ao longo da seção do cabo do sensor 200. Por exemplo, a seção do cabo do sensor 200 compreende um primeiro grupo de hidrofones 300 tendo um substrato 238 com hidrofones 236 mecânica e eletricamente acoplado a ele. A seção do cabo do sensor 200 compreende ainda um segundo grupo de hidrofones 302, um terceiro grupo de hidrofones 304, um quarto grupo de hidrofones 306, e assim por diante, com grupos de hidrofones continuamente definidos ao longo da seção do cabo do sensor 200.

[0042] Em alguns casos, os circuitos elétricos são dedicados a cada grupo de hidrofones, mas em outros casos, um único circuito elétrico pode estar associado aos dois ou mais grupos de hidrofones. Por exemplo, o circuito elétrico 308 pode ser eletricamente acoplado ao grupo de hidrofones 300 e grupo de hidrofones 302, e assim o circuito elétrico 308 é configurado para ler tensões produzidas por hidrofones de cada grupo de hidrofones e configurado para comunicar indicações das voltagens ao longo do canal de comunicação 244 (não

mostrado na Figura 3). Similarmente, o circuito elétrico 310 pode ser eletricamente acoplado ao grupo de hidrofones 304 e ao grupo de hidrofones 306, e assim o circuito elétrico 310 está configurado para ler tensões produzidas por hidrofones de cada grupo de hidrofones e configurado para comunicar indicações das voltagens ao longo do canal de comunicação 244 (não mostrado na Figura 3). Enquanto a Figura 3 mostra os exemplos de circuitos elétricos 308 e 310 dispostos fisicamente entre seus respectivos grupos de hidrofones, tal é meramente por conveniência da discussão, e os circuitos elétricos 308 e 310 (e outros ao longo da seção 200 do cabo do sensor) podem ser colocados em qualquer localização adequada.

[0043] Cada grupo de hidrofones abrange um comprimento L_G medido ao longo do eixo longitudinal 224. A fim de simplificar a análise sísmica posterior, nos sistemas exemplares o comprimento L_G de cada grupo de hidrofones é o mesmo, embora ter os grupos de hidrofones abrangem o mesmo comprimento L_G não seja estritamente necessário. O comprimento L_G dos grupos de hidrofones pode ter qualquer comprimento adequado. Em um exemplo específico do sistema, para uma seção do cabo do sensor tendo um comprimento L de 75 m, cada grupo de hidrofones pode ter um comprimento L_G de 3,125 m, e assim 24 grupos de hidrofones seriam definidos ao longo da seção do cabo do sensor 200. Outros números de grupos de hidrofones e assim comprimentos L_G dos grupos de hidrofones podem ser usados, como: 12 grupos de hidrofones com cada grupo de hidrofones abrangendo 6,25 m de uma seção do cabo do sensor de 75 m 200; ou 6 grupos de hidrofones com cada grupo de hidrofones abrangendo 12,5 m de uma seção do cabo do sensor de 75 m 200. A especificação agora se refere a uma discussão do espaçamento ou densidade dos hidrofones dentro de um grupo de hidrofones.

[0044] A Figura 4 mostra uma vista em perspectiva de um

substrato e hidrofones de um grupo de hidrofones de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, a Figura 4 mostra o substrato 238 como uma tira em material flexível tendo um comprimento L_S , uma largura W e uma espessura T . Em casos onde o substrato 238 na forma de uma tira em material flexível tem seu comprimento L_S passando paralelo a ou coaxial com o eixo longitudinal 224 (Figura 2), o comprimento L_S do substrato 238 pode da mesma forma ser o comprimento L_G do grupo de hidrofones (por exemplo, L_G sendo aproximadamente 3,125 m nas modalidades exemplares). Outros casos referentes à relação do comprimento L_S do substrato e comprimento L_G do grupo de hidrofones (por exemplo, substratos helicoidais) são discutidos abaixo. Em casos onde o substrato 238 é uma tira em material flexível, e conforme mostrado a largura W pode estar na ordem de alguns milímetros, por exemplo, alguns milímetros mais amplos do que a dimensão mais larga dos hidrofones 236 (discutido mais abaixo), a vários centímetros. A espessura T pode ser alguns milímetros. Os hidrofones 236 nas modalidades exemplares são igual e periodicamente espaçados ao longo do comprimento L_S do substrato 238. De acordo com pelo menos algumas modalidades, os hidrofones 236 definem uma densidade maior do que um hidrofone por metro medido ao longo do comprimento L_S do substrato 238 (e nestas modalidades ao longo do eixo longitudinal 224). Em alguns casos, a densidade é 10 hidrofones por metro ou maior, e em outros casos a densidade é 100 hidrofones por metro ou maior. Diferente e levemente declarado, os hidrofones 236 são periodicamente espaçados ao longo do substrato 238 em intervalos I . Em alguns casos, o intervalo I é 50 centímetros (cm), em outros casos o intervalo I é 10 cm, e ainda em outros casos, o intervalo I é 1 cm.

[0045] A Figura 5 mostra uma vista em perspectiva de um hidrofone montado em um substrato de acordo com pelo menos

algumas modalidades. Em particular, a Figura 5 mostra o hidrofone 236 diretamente mecanicamente acoplado ao substrato 238 e ainda hidrofone 236 é eletricamente acoplado aos traços do substrato 238. De acordo com modalidades exemplares, cada hidrofone compreende uma matriz 500 de um circuito integrado. Ou seja, os hidrofones de acordo com exemplos de modalidades são criados monoliticamente em pastilhas semicondutoras (por exemplo, pastilhas de silício), e as matrizes 500 são criadas por corte ou corte das pastilhas semicondutoras. A Publicação Norte-Americana 2014/0230557 intitulada "Sensor with vacuum-sealed cavity" (aqui incorporada por referência como se reproduzida na íntegra abaixo) descreve hidrofones à base de MEMS usados em exemplos de modalidades. Em alguns casos, cada hidrofone 236 compreende uma pluralidade de elementos de hidrofone 502. O exemplo de hidrofone 236 da Figura 5 mostra quatro elementos de hidrofone 502 numa matriz quadrada; no entanto, qualquer número de elementos de hidrofone pode ser usado em qualquer configuração adequada. Por exemplo, os hidrofones 236 podem incluir 10x10 matrizes (isto é, 100 elementos de hidrofone), ou um arranjo 5x5 (isto é, 25 elementos de hidrofone) ou matrizes 3x3 (isto é, nove elementos de hidrofone). Além disso, o arranjo não precisa ser um arranjo quadrado, e outros arranjos adequados são possíveis, tais como matrizes retangulares, matrizes circulares e matrizes de espirais.

[0046] Além disso, o tamanho do hidrofone 236 é pequeno em comparação com os hidrofones convencionais, que os hidrofones convencionais podem ser da ordem de três centímetros ou mais na dimensão maior. Combinados com a embalagem, os hidrofones convencionais também são relativamente pesados, o que limita a quantidade de hidrofones convencionais que podem ser incluídos em um cabo sísmico flutuante de sensor e ainda mantêm o cabo sísmico

flutuante aproximadamente flutuante de forma neutra. Em contraste, os hidrofones 236 nas modalidades de exemplo podem ter uma maior dimensão D de 20 milímetros ou menos, em alguns casos 10 milímetros ou menos, e em outros casos 5 milímetros ou menos. Além disso, sendo dispositivos criados monoliticamente, os hidrofones 236 são menos densos do que os hidrofones convencionais, incluindo até mesmo o (s) substrato (s) 238 ao qual são montados. Assim, a utilização de hidrofones baseados em MEMS permite o uso de números significativamente maiores de hidrofones 236 em uma seção 200 do cabo do sensor (Figura 2) sem afetar adversamente a flutuabilidade da seção do cabo do sensor, o que permite grupos de hidrofones menores do que os sensores convencionais.

[0047] A fim de ter capacidade de fonte de corrente suficiente, os elementos de hidrofone individuais 502 nas modalidades exemplares são acoplados em paralelo conforme mostrado na Figura 5. Entretanto, o acoplamento entre os hidrofones 236 de um grupo de hidrofones pode ser em série e/ou em paralelo dependendo das capacidades dos hidrofones 236 e dos amplificadores nos circuitos elétricos 242, 308, e/ou 310. A Figura 6 mostra, na forma de diagrama em blocos, exemplo do acoplamento elétrico de hidrofones 236 de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, a Figura 6 mostra seis hidrofones exemplares 236 de um único grupo de hidrofones. O exemplo do sistema mostra um primeiro grupo paralelo 600 ilustrativamente compreendendo três hidrofones 236 eletricamente acoplados em paralelo, mas dois ou mais hidrofones 236 poderiam ser incluídos no grupo paralelo 600. O exemplo do sistema ainda mostra um segundo grupo paralelo 602 ilustrativamente compreendendo três hidrofones 236 eletricamente acoplados em paralelo, mas novamente dois ou mais hidrofones 236 poderiam ser incluídos no grupo paralelo 600. Os dois exemplos de grupos paralelos 600 e 602 são

eletricamente acoplados em série para criar o grupo em série 604. Os grupos de exemplo 600, 602 e 604 são acoplados eletricamente ao circuito elétrico 242 associado ao grupo de hidrofones. Note-se que algumas ou todas as interconexões elétricas em série e/ou em paralelo podem ser implementadas por meio de traços elétricos no substrato 238. Além disso, a Figura 6 mostra um esquema de conexão paralelo/série específico, mas deve ser entendido que qualquer combinação de ligações paralelas e em série dos hidrofones 236 podem ser utilizadas (não obstante a ligação paralela dos elementos de hidrofone individuais 502 na matriz 500 de cada hidrofone).

[0048] Retornando brevemente à Figura 2, as modalidades discutidas a este ponto assumiram os hidrofones 236 mecânica e eletricamente acoplados a um substrato 238 sendo uma tira de material dentro do volume interno 204 do revestimento externo 202 e com o comprimento L_S do substrato que estende-se paralelo ao eixo longitudinal 224. Em alguns casos o comprimento L_S é coaxial com o eixo longitudinal 224 de modo que o comprimento L_S do substrato ainda defina o comprimento L_G do grupo de hidrofones. Entretanto, outras disposições são possíveis e o relatório descritivo agora volta-se ao exemplo de outras disposições.

[0049] A Figura 7 mostra uma vista em perspectiva de uma porção de uma seção de cabo de sensor tendo um substrato enrolado de modo helicoidal de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, a Figura 7 mostra o substrato 238 enrolado de modo helicoidal de tal modo que o comprimento do substrato forma uma hélice em torno do eixo longitudinal 224. O espaçamento ao longo do substrato 238 é a pluralidade de hidrofones 236 como discutido acima. No sistema exemplificativo da Figura 7, a hélice formada pelo substrato 238 tem um eixo central que é coaxial com o eixo longitudinal 224 da seção do cabo sensor 200, mas tal não é

estritamente necessário, e assim noutros casos o eixo central do a hélice formada pelo substrato 238 pode ser paralela ao eixo longitudinal 224. Além disso, a Figura 7 mostra os hidrofones 236 na superfície externa do substrato 238, mas em outros sistemas os hidrofones podem ser dispostos na superfície interna. A hélice formada pelo substrato 238 tem uma distância de passo P entre dois locais correspondentes no substrato 238 (como mostrado e consistente com a Figura 2, sendo as localizações correspondentes as margens proximais na mesma localização radial ao longo do eixo longitudinal 224). Dado que o substrato tem uma largura (não especificamente delineada na Figura 7), a distância do passo P pode definir uma distância do espaçamento G sendo a distância do passo P menor que a largura do substrato 238. Qualquer distância de passo P adequada pode ser usada incluindo um passo a distância P é igual à largura W de tal modo que o substrato 238 forma efetivamente um cilindro tendo bordos posteriores dos bordos de chumbo adjacentes à tira (novamente considerado ao longo do eixo longitudinal 224 numa localização radial consistente).

[0050] O sistema da Figura 7 usando o substrato enrolado helicoidalmente pode diferir funcionalmente do substrato da Figura 2 em vários aspectos. Por exemplo, embora os hidrofones baseados em MEMS 236 sejam relativamente pequenos, o seu tamanho é diferente de zero. O acoplamento medido e elétrico dos hidrofones 236 ao substrato subjacente pode basear-se em ter um espaço suficiente ao longo do comprimento L_s do substrato 238 entre os hidrofones para permitir a ligação medida da matriz 500 ao substrato e/ou ligação dos fios de modo que a matriz 500 seja eletricamente acoplada aos traços do substrato 238. O espaço usado para construção pode assim limitar a densidade dos hidrofones quando considerados ao longo do comprimento L_s do substrato. Em contrapartida, pela formação do

substrato 238 no formato de uma hélice, enquanto os hidrofones podem usar espaçamento relativamente grande ao longo do comprimento L_S do substrato 238 para facilitar a construção e/ou reduzir o raio de curvatura mínimo do substrato 238, a densidade considerada ao longo do eixo longitudinal 224 (ou considerada ao longo do comprimento L_G do grupo de hidrofones) será maior do que a densidade considerada ao longo do comprimento L_S de um substrato 238. Além disso, em comparação com as versões da Figura 2, os hidrofones 236 (em alguns casos todos residem no mesmo grupo de hidrofones) da Figura 7 representam uma matriz helicoidal tridimensional de localizações nas quais a energia sísmica que passa pode ser detectada e fluir e outro ruído pode ser detectado. Finalmente, em relação à Figura 7, o substrato 238 é mostrado para abranger ou circunscrever os membros de força de exemplo 232 e 234; no entanto, em outros casos, a hélice formada pelo substrato pode ter um diâmetro pequeno o suficiente para residir entre os membros de força 232 e 234.

[0051] A Figura 8 mostra uma vista em perspectiva de uma porção de uma seção do cabo do sensor tendo uma pluralidade de substratos helicoidalmente enrolados de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, a Figura 8 mostra o substrato 238 enrolado de forma helicoidal de modo que o comprimento do substrato forme uma hélice ao redor do eixo longitudinal 224. Espaçada ao longo do substrato 238 está a pluralidade de hidrofones 236 conforme discutido acima. Ainda mostrado na Figura 8 está um segundo substrato 800 enrolado de forma helicoidal de modo que o comprimento do substrato 800 ainda forme uma hélice ao redor do eixo longitudinal 224, e assim a hélice formada pelo substrato 800 é coaxial com a hélice formada pelo substrato 238. Espaçada ao longo do substrato 800 está uma pluralidade de hidrofones 236. Embora

ambos os substratos 238 e 800 na forma helicoidal possuam um eixo central que é coaxial com o eixo longitudinal 224 da seção do cabo sensor 200, tal não é estritamente necessário, e assim em outros casos o eixo central das hélices formado pelos substratos 238 e 800 podem ser paralelos entre si e paralelos ao eixo longitudinal 224. Além disso, a Figura 7 mostra os hidrofones 236 nas superfícies exteriores dos substratos 238 e 800, mas em outros sistemas os hidrofones podem ser dispostos na superfície interior. A hélice definida pelo substrato 238 tem uma distância de passo P_1 entre dois locais correspondentes no substrato 238. Dado que o substrato tem uma largura (não especificamente delineada na Figura 8), a distância de passo P_1 define assim uma distância de intervalo G sendo a distância de passo P_1 menor que a largura do substrato 238. Dado que o segundo substrato 800 está disposto dentro do intervalo qualquer distância de passo adequada P_1 pode ser utilizada incluindo uma distância de passo P_1 igual à duas vezes a largura W , de modo que os substratos 238 e 800 formem efetivamente um cilindro. Enquanto a Figura 8 mostra dois substratos 238 e 800 enrolados em conjunto para formar uma hélice dupla, dois ou mais substratos podem ser enrolados juntos em hélice. Além disso, dada a sobreposição dos dois substratos, é contemplado que os dois ou mais substratos enrolados helicoidalmente residirão, no entanto, total ou parcialmente no mesmo grupo de hidrofones (por exemplo, ligados eletricamente em paralelo). Finalmente, em relação à Figura 8, os substratos 238 e 800 são mostrados para abranger ou circunscrever os membros de força de exemplo 232 e 234; no entanto, em outros casos, as hélices formadas pelos substratos podem ter um diâmetro pequeno o suficiente para residir entre os membros de resistência 232 e 234.

[0052] A Figura 9 mostra uma vista em perspectiva de uma porção de uma seção de cabo de sensor 200 tendo um substrato cilíndrico

238 de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, a Figura 9 mostra o substrato 238 na forma de um cilindro circular direito. Espaçada ao longo do substrato 238 está a pluralidade de hidrofones 236 que neste caso define um padrão de grade no cilindro. No sistema exemplificativo da Figura 9, a forma cilíndrica do substrato 238 tem um eixo central que é coaxial com o eixo longitudinal 224 da seção de cabo do sensor 200, mas tal não é estritamente necessário, e assim em outros casos o eixo central do o cilindro formado pelo substrato 238 pode ser paralelo ao eixo longitudinal 224. Além disso, a Figura 9 mostra os hidrofones 236 na superfície externa do substrato 238, mas em outros sistemas os hidrofones podem ser dispostos na superfície interna, ou na superfície interna e na superfície externa. O padrão de grade dos hidrofones 236 tem pelo menos dois componentes conceituais de uma perspectiva de layout. Em primeiro lugar, em uma localização axial particular ao longo do eixo longitudinal 224, pode haver 10 a 20 hidrofones inclusivamente na localização. Por exemplo, a vista da Figura 9 ilustra uma localização axial por meio de um plano 900 desenhado perpendicularmente ao eixo longitudinal 224. Uma pluralidade de hidrofones 902 está radialmente espaçada em torno do substrato cilíndrico 238 na localização axial do plano 900. Diferentemente, os hidrofones 902 residem no plano 900 e definem um padrão circular dentro do plano 900. Embora apenas cinco hidrofones 902 sejam visíveis na visão da Figura 9, novamente em cada localização axial pode haver entre 10 e 20 hidrofones, inclusive. Os hidrofones 902 não diferem necessariamente dos hidrofones 236, mas são numerados separadamente para visualizar mais facilmente os aspectos da localização radial.

[0053] Um segundo componente conceitual do layout dos hidrofones 236/902 é o posicionamento axial. Considere, por exemplo, todos os hidrofones em um único alinhamento radial 904 ao longo do

comprimento L_s do substrato 238. Ao longo do alinhamento radial único (por exemplo, 904), em sistemas de exemplo, a densidade é de 10 hidrofones por metro ou mais, e em outros casos, a densidade é de 100 hidrofones por metro ou mais. Dito de maneira ligeiramente diferente, ao longo do alinhamento radial único (por exemplo, 904) os hidrofones 236 são periodicamente espaçados ao longo do substrato 238 nos intervalos I . Em alguns casos o intervalo I é de 50 centímetros (cm), em outros casos o intervalo I é de 10 cm, e em ainda outros casos o intervalo é de 1 cm. Naturalmente, o exemplo de densidade e espaçamento pode ser igualmente aplicável aos outros alinhamentos radiais (embora esses alinhamentos não sejam especificamente marcados).

[0054] Em alguns casos, o substrato 238 da Figura 9 pode ser um cilindro sólido de material flexível construído dos mesmos materiais como discutido em relação ao substrato da Figura 2. Em outros casos, no entanto, o substrato 238 pode ser inicialmente criado como um membro retangular tendo comprimento L_s e largura sendo a circunferência da forma cilíndrica, e a forma cilíndrica é assim formada encostando a duas bordas definidas ao longo do comprimento L_s , as bordas adjacentes mostradas pela linha tracejada 906 na Figura 9. Finalmente com respeito à Figura 9, o substrato 238 é mostrado para abranger ou circunscrever os membros de força de exemplo 232 e 234; no entanto, em outros casos, o cilindro formado pelo substrato pode ter um diâmetro suficientemente pequeno para residir entre os membros de resistência 232 e 234.

[0055] As várias modalidades discutidas até este ponto são expressas ou implicitamente dirigidas a situações onde o(s) substrato(s) 238 reside(m) dentro do volume interno 204 do revestimento externo 202. No caso da Figura 2, o substrato 238 é mostrado ilustrativamente centrado no revestimento externo 202. Os

substratos discutidos nas Figuras 7-9 podem igualmente residir dentro do revestimento externo 202. A Figura 10 mostra três vistas em corte transversal de seções de cabo de sensor de exemplo de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, cada seção transversal mostra o revestimento externo 202 e o revestimento externo 202 de cada seção transversal define um diâmetro exterior 1000 assim como um diâmetro interno 1002. Na vista 1004, o substrato 238 está centralizado dentro do revestimento externo 202 entre os elementos de força 232 e 234. O substrato 238 na vista 1004 pode ser qualquer uma das configurações das Figuras 7-9.

[0056] Na vista 1006, o substrato 238 é centralizado dentro do revestimento externo 202, mas neste caso fora dos membros de resistência 232 e 234. Dito de modo ligeiramente diferente, o substrato 238 da vista 1008 reside entre o diâmetro interno 1002 do revestimento externo 202 e os membros de resistência 232 e 234. De novo, o substrato 238 na vista 1006 pode ser qualquer das configurações das Figuras 7-9.

[0057] Ainda com referência à Figura 10, na vista 1008 o substrato 238 é centralizado dentro do revestimento externo 202 e reside fora dos membros de resistência 232 e 234. Contudo, o substrato 238 na vista 1008 encosta no diâmetro interno 1002 do revestimento externo 202. Em alguns casos implementados como na vista 1008, o substrato 238 encosta no diâmetro interior 1002 do revestimento externo 202 em virtude de uma força de mola do próprio substrato que tende a abrir o substrato (versões cilíndricas), ou em virtude de uma força de mola do próprio substrato, tendendo a desenrolar o substrato (versões helicoidais). Em outras modalidades, o substrato 238 pode ser aderido ao diâmetro interno 1002 do revestimento externo 202, de modo que a relação de encosto do substrato 238 seja mantida no lugar por um adesivo. Novamente, o substrato 238 na vista 1006 poderia ser

qualquer das configurações das Figuras 7-9.

[0058] As várias modalidades discutidas até este ponto são expressas ou implicitamente dirigidas a situações em que o(s) substrato(s) 238 reside(m) dentro do volume interno 204 do revestimento externo 202, com os substratos flutuando livremente dentro do material de enchimento do volume interno 204 (por exemplo, o material de enchimento é um gel ou espuma de células fechadas). Contudo, em outros casos, o(s) substrato(s) 238 pode(m) ser embutido(s) no revestimento externo 202. A Figura 11 mostra uma vista parcial em corte parcial de uma seção 200 do cabo sensor, de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, visível na Figura 11 é uma porção do revestimento externo 202 juntamente com exemplos de membros de resistência 232 e 234. O revestimento externo 202 na Figura 11 pode ser conceitualmente dividido em uma porção interna 1100 e uma porção externa 1102. O diâmetro interno da porção interna 1100 forma o diâmetro interno do revestimento externo total 202. Da mesma forma o diâmetro externo da porção externa 1102 forma o diâmetro exterior do revestimento externo total 202. Na medida em que a porção interior 1100 e a porção exterior 1102 são membros distintos (discutidos mais abaixo), o diâmetro exterior da porção interior 1100 encosta no diâmetro interior da porção exterior 1102

[0059] Nas modalidades exemplares da Figura 11, incorporados dentro do revestimento externo 202 são um ou mais substratos 238 incluindo os hidrofones 236 mecânica e eletricamente acoplados aos substratos 238. No exemplo mostrado na Figura 11, os substratos 238 residem na interface entre a porção interna 1100 e a porção externa 1102, e os substratos são visíveis na parcial cortada da porção externa 1102. No caso exemplar da Figura 11, cada substrato é uma tira em material flexível que tem um comprimento e largura, e o comprimento

de cada substrato estende-se paralelo ao eixo longitudinal 224. Enquanto a Figura 11 mostra os substratos como tiras paralelas, quaisquer substratos exemplares das Figuras 7-9 poderiam ser incorporados no revestimento externo 202 conforme mostrado na Figura 11.

[0060] Ainda com referência à Figura 11, em alguns casos, a porção interna 1100 e a porção externa 1102 compreendem dois elementos distintos acoplados entre si. Por exemplo, o(s) substrato(s) pode(m) ser ligado(s) ao diâmetro externo da porção interna 1100 em qualquer forma adequada (por exemplo, por meio de um adesivo), e então a porção externa 1102 pode ser telescopada sobre a porção interna combinada 1100 e substrato(s) 238 (por exemplo, a parte externa 1102 pode(m) ser um elemento termo retrátil e, assim, uma vez no lugar, a parte externa 1102 se contrai para encostar nos componentes internos). Em outros casos, a parte externa 1102 pode ser um revestimento aplicado após o(s) substrato(s) 238 ser acoplado à parte interna 1100 (por exemplo, revestimento por pulverização, ou aplicado submergindo a seção do cabo sensor 200 em um líquido que reveste e assim se torna a parte externa 1102). Qualquer método adequado para instalar e/ou criar a porção externa 1102 pode ser usado.

[0061] Ainda em outros casos, a distinção entre a porção interna 1100 e a porção externa 1102 é meramente conceitual. Por exemplo, o revestimento externo 202 pode ser um único elemento que é extrudido com o(s) substrato(s) 238 embutido(s) durante o processo de extrusão. Como alternativa, o revestimento externo 202 pode ser moldado por injeção, novamente com o(s) substrato(s) 238 colocado(s) dentro do molde antes da injeção e assim formado integralmente dentro do revestimento externo 202 como parte do processo de moldagem por injeção. Qualquer método ou mecanismo adequado para incorporar

o(s) substrato(s) 238 no revestimento externo 202 pode ser usado. Por exemplo, seções de cabos de sensores destinadas a serem componentes de uma serpentina de sensor, o revestimento externo 202 pode ter um diâmetro externo de 10 cm ou menos e, em alguns casos, cerca de 6 cm; no entanto, as seções do cabo do sensor 200 (e, deste modo, os cabos sísmicos flutuantes do sensor e/ou os cabos do fundo do oceano) podem ter um tamanho adequado.

[0062] A Figura 12 mostra um método de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, o método inicia (bloco 1200) e compreende: rebocar um cabo sísmico flutuante de sensor através de água, o cabo sísmico flutuante do sensor definindo um comprimento axial (bloco 1202); libertando energia sísmica na água (bloco 1204); e detectar energia sísmica refletida de formações subsuperficiais, a detecção por hidrofones acoplados mecanicamente diretamente a um substrato em material flexível, o substrato associado e estendendo-se ao longo de pelo menos uma porção do comprimento axial da serpentina do sensor, e os hidrofones periodicamente espaçados ao longo do substrato em intervalos de um metro ou menos (bloco 1206). A energia sísmica de detecção pode incluir: a leitura de uma voltagem criada pelos hidrofones, a voltagem proporcional à energia sísmica refletida das formações subsuperficiais (bloco 1208); e enviar uma indicação da energia sísmica refletida do subsolo como uma mensagem ao longo de um canal de comunicação disposto dentro do cabo sísmico flutuante do sensor (bloco 1210). Depois disso, o método termina (bloco 1212).

[0063] A Figura 13 mostra um método de fabricação de um cabo do sensor geofísico de acordo com pelo menos algumas modalidades. Em particular, o método inicia (bloco 1300) e compreende criar um grupo de hidrofones (bloco 1302). Criar o grupo de hidrofones pode compreender: acoplar mecanicamente uma pluralidade de hidrofones

a um substrato em material flexível, o substrato em material flexível tendo traços elétricos nele (bloco 1304); e eletricamente acoplando a pluralidade de hidrofones aos traços elétricos do substrato em material flexível (bloco 1306). A seguir, o grupo de hidrofones é combinado com um revestimento externo (bloco 1308). Após o método finalizar (bloco 1310).

[0064] Conforme discutido acima, criar o grupo de hidrofones pode ocorrer em muitas formas. Em alguns casos o substrato em material flexível é uma tira longa de material com os hidrofones mecânica e eletricamente acoplados a ela. Combinar o grupo de hidrofones compreendendo o substrato em material flexível com o revestimento externo do mesmo modo pode ter várias formas. Por exemplo, o substrato em material flexível pode ser colocado dentro do volume interno do revestimento externo de modo que o comprimento do substrato em material flexível seja paralelo ao eixo longitudinal do revestimento externo. Em outros casos, o substrato em material flexível pode ser formado em uma hélice dentro do volume interno do revestimento externo, e em alguns casos a hélice enrola ao redor do eixo longitudinal. Múltiplos substratos podem ser colocados em forma de hélice no volume interno. Ainda em outro exemplo, o substrato em material flexível pode ser incorporado dentro do revestimento externo de modo que o comprimento do substrato em material flexível seja paralelo ao eixo longitudinal do revestimento externo. Em outros casos, o substrato em material flexível pode ser formado em uma hélice e incorporado dentro do revestimento externo. Múltiplos substratos em material flexível podem ser colocados na forma de hélice e incorporados no revestimento externo.

[0065] A discussão acima pretende ser ilustrativa dos princípios e várias modalidades da presente invenção. Numerosas variações e modificações tornar-se-ão aparentes aos técnicos no assunto, uma

vez que a divulgação acima seja totalmente apreciada. Pretende-se que as seguintes reivindicações sejam interpretadas como abrangendo todas essas variações e modificações.

REIVINDICAÇÕES

1. Seção do cabo de sensor geofísico caracterizada pelo fato de que compreende:

um revestimento externo que define um volume interno, um eixo longitudinal e um comprimento;

um grupo de hidrofones definido ao longo da seção do cabo de sensor geofísico, o grupo de hidrofones compreendendo:

um substrato em material flexível tendo traços elétricos nele; e

uma pluralidade de hidrofones mecanicamente acoplada ao substrato, cada hidrofone compreendendo uma matriz de um circuito integrado, e os traços elétricos eletricamente acoplando à pluralidade de hidrofones.

2. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelo fato de que compreende, ainda, a pluralidade de hidrofones tendo uma densidade de um hidrofone por metro ou maior, a densidade medida ao longo de um comprimento do substrato medido paralelo ao eixo longitudinal.

3. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que a densidade dos hidrofones é pelo menos uma selecionada de um grupo que consiste em: 10 hidrofones por metro ou maior; e 100 hidrofones por metro ou maior.

4. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que cada hidrofone compreende ainda uma pluralidade de elementos de hidrofone eletricamente acoplados em paralelo.

5. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que pelo menos alguns da pluralidade de hidrofones são eletricamente acoplados em série.

6. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que cada hidrofone compreende ainda uma pluralidade de elementos de hidrofone eletricamente acoplados em paralelo, e pelo menos alguns da pluralidade de hidrofones eletricamente acoplados em série.

7. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1 caracterizada pelo fato de que a matriz de cada hidrofone tem uma dimensão mais ampla sendo pelo menos um selecionado do grupo compreendendo: 10 milímetros ou menos; e 5 milímetro ou menos.

8. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende, ainda, um gel dentro do volume interno do revestimento externo.

9. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende ainda:

uma pluralidade de grupos de hidrofones continuamente definida ao longo da seção do cabo de sensor geofísico;

em que o comprimento do revestimento externo é aproximadamente 75 metros;

em que cada grupo de hidrofones abrange aproximadamente 3 metros medidos ao longo do eixo longitudinal do revestimento externo.

10. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende ainda:

o substrato em material flexível reside dentro do volume interno;

o substrato compreende uma tira em material flexível que tem um comprimento e uma largura, e o comprimento do substrato estende-se paralelo ao eixo longitudinal.

11. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a

reivindicação 10, caracterizada pelo fato de que compreende, ainda, o substrato encosta-se em um diâmetro interno do revestimento externo.

12. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 10, caracterizada pelo fato de que compreende os hidrofones periodicamente espaçados ao longo do comprimento do substrato, e o espaçamento em intervalos sendo pelo menos um selecionado do grupo compreendendo: intervalos de 50 centímetros (cm); intervalos de 10 cm; e intervalos de 1 cm.

13. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende ainda:

o substrato em material flexível reside dentro do volume interno;

o substrato é uma tira em material flexível tendo um comprimento, e o comprimento do substrato forma uma hélice ao redor do eixo longitudinal.

14. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que compreende, ainda, o substrato encosta-se em um diâmetro interno do revestimento externo.

15. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que compreende, ainda, os hidrofones periodicamente espaçados ao longo do comprimento do substrato de modo que os hidrofones são espaçados em intervalos ao longo do eixo longitudinal sendo pelo menos um selecionado do grupo compreendendo: intervalos de 50 centímetros (cm); intervalos de 10 cm; e intervalos de 1 cm.

16. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende, ainda:

o substrato em material flexível reside dentro do volume interno;

o substrato define um cilindro com um eixo central, o eixo

central do cilindro coaxial com o eixo longitudinal do revestimento externo; e

a pluralidade de hidrofones define um padrão de grade no cilindro.

17. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 16, caracterizada pelo fato de que o substrato encosta-se em um diâmetro interno do revestimento externo.

18. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 16, caracterizada pelo fato de que a pluralidade de hidrofones está disposta em uma localização selecionada do grupo que consiste em: uma superfície externa do cilindro; e uma superfície interna do cilindro.

19. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 16, caracterizada pelo fato de que compreende, ainda, os hidrofones que definem o padrão de grade de modo que:

os hidrofones são radialmente espaçados ao redor do revestimento externo, e em cada localização axial há entre 10 e 20 hidrofones inclusive; e

os hidrofones são espaçados em intervalos ao longo do eixo longitudinal sendo pelo menos um selecionado do grupo compreendendo: intervalos de 50 centímetros (cm); intervalos de 10 cm; e intervalos de 1 cm.

20. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que compreende ainda:

o substrato em material flexível é incorporado dentro do revestimento externo;

o substrato compreende uma tira em material flexível que tem um comprimento e uma largura, e o comprimento do substrato estende-se paralelo ao eixo longitudinal.

21. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a

reivindicação 20, caracterizada pelo fato de que o substrato compreende ainda uma pluralidade de tiras em material flexível que estende-se paralela entre si.

22. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 20, ainda caracterizada pelo fato de que compreende os hidrofones periodicamente espaçados ao longo do comprimento do substrato, e o espaçamento em intervalos sendo pelo menos um selecionado do grupo compreendendo: intervalos de 50 centímetros (cm); intervalos de 10 cm; e intervalos de 1 cm.

23. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1 ainda caracterizada pelo fato de que compreende:

o substrato em material flexível está incorporado dentro do revestimento externo;

o substrato é uma tira em material flexível, e um comprimento do substrato forma uma hélice ao redor do eixo longitudinal.

24. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 23, caracterizada pelo fato de que o substrato compreende ainda uma pluralidade de tiras em material flexível em uma hélice dupla.

25. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 23, caracterizada pelo fato de que compreende ainda os hidrofones periodicamente espaçados ao longo do comprimento do substrato de modo que os hidrofones sejam espaçados em intervalos ao longo do eixo longitudinal do revestimento externo, os intervalos sendo pelo menos um selecionado do grupo compreendendo: intervalos de 50 centímetros (cm); intervalos de 10 cm; e intervalos de 1 cm.

26. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 1, ainda caracterizado pelo fato de que compreende:

o substrato em material flexível está incorporado dentro do revestimento externo;

o substrato define um cilindro com um eixo central, o eixo central do cilindro coaxial com o eixo longitudinal do revestimento externo; e

a pluralidade de hidrofones define um padrão de grade no cilindro.

27. Seção do cabo de sensor geofísico, de acordo com a reivindicação 26, caracterizado pelo fato de que compreende, ainda, os hidrofones que definem o padrão de grade de modo que:

os hidrofones sejam radialmente espaçados ao redor do revestimento externo, e em cada localização axial há entre 10 e 20 hidrofones inclusive; e

os hidrofones são espaçados em intervalos ao longo do eixo longitudinal sendo pelo menos um selecionado do grupo compreendendo: intervalos de 50 centímetros (cm); intervalos de 10 cm; e intervalos de 1 cm; e em cada localização axial.

28. Método de fabricação de uma seção do cabo de sensor geofísico caracterizado pelo fato de que compreende:

criar um grupo de hidrofones por:

acoplar mecanicamente uma pluralidade de hidrofones a um substrato em material flexível, o substrato em material flexível tendo traços elétricos nele; e

acoplar eletricamente a pluralidade de hidrofones aos traços elétricos do substrato em material flexível; e combinar o grupo de hidrofones com um revestimento externo.

29. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a criação do grupo de hidrofones compreende ainda criar o grupo de hidrofones tendo uma densidade de um hidrofone por metro ou maior, a densidade medida ao longo de

um comprimento do substrato em material flexível.

30. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a criação do grupo de hidrofones compreende ainda criar o grupo de hidrofones tendo uma densidade de hidrofones ao longo do substrato sendo pelo menos uma selecionada de um grupo que consiste em: 10 hidrofones por metro ou maior; e 100 hidrofones por metro ou maior.

31. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a criação do grupo de hidrofones compreende ainda acoplar a pluralidade de hidrofones, e cada hidrofone tem uma dimensão mais ampla sendo pelo menos um selecionado do grupo compreendendo: 10 milímetros ou menos; e 5 milímetro ou menos.

32. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que compreende, ainda, encher o volume interno do revestimento externo com um gel.

33. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a combinação do grupo de hidrofones com o revestimento externo compreende ainda a colocação do substrato em material flexível dentro do volume interno de modo que um comprimento do substrato estende-se paralelo a um eixo longitudinal do revestimento externo.

34. Método, de acordo com a reivindicação 33, caracterizado pelo fato de que telescopar ainda compreendendo contato com o substrato contra um diâmetro interno do revestimento externo.

35. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a combinação do grupo de hidrofones com o revestimento externo compreende ainda colocar o substrato em material flexível em uma hélice ao redor de um eixo longitudinal do

revestimento externo.

36. Método, de acordo com a reivindicação 35, caracterizado pelo fato de que a colocação do substrato em uma hélice compreende ainda colocar o substrato em material flexível em uma hélice ao redor do eixo longitudinal e entrar em contato com um diâmetro interno do revestimento externo.

37. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a combinação do grupo de hidrofones com o revestimento externo compreende ainda formar o substrato em um cilindro com um eixo central, e dispor o cilindro em um volume interno do revestimento externo de modo que o eixo central do cilindro seja coaxial com um eixo longitudinal do revestimento externo.

38. Método, de acordo com a reivindicação 37, a disposição do cilindro no volume interno é caracterizada por compreender ainda colocar o cilindro de modo que um diâmetro externo do cilindro encosta-se em um diâmetro interno do revestimento externo.

39. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a combinação do grupo de hidrofones com o revestimento externo compreende ainda incorporar o substrato em material flexível no revestimento externo de modo que um comprimento do material flexível seja paralelo ao eixo longitudinal.

40. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a combinação do grupo de hidrofones com o revestimento externo compreende ainda incorporar o substrato em material flexível no revestimento externo de modo que o comprimento do substrato forme uma hélice ao redor do eixo longitudinal.

41. Método, de acordo com a reivindicação 28, caracterizado pelo fato de que a combinação do grupo de hidrofones com o revestimento externo compreende ainda incorporar o substrato

em material flexível no revestimento externo de modo que o substrato em material flexível forme um cilindro com um eixo central, e o eixo central do cilindro coaxial com um eixo longitudinal do revestimento externo.

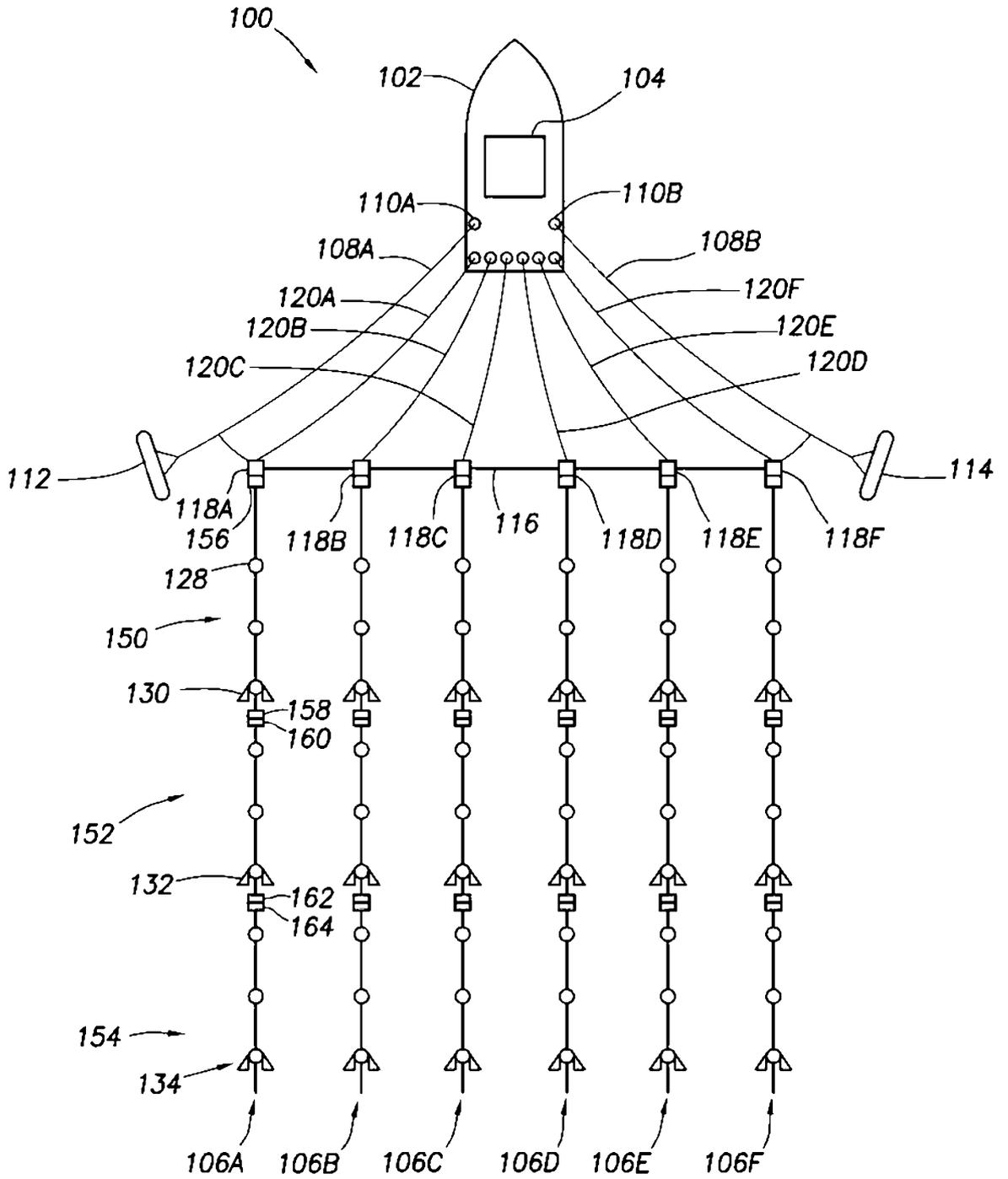


FIG. 1

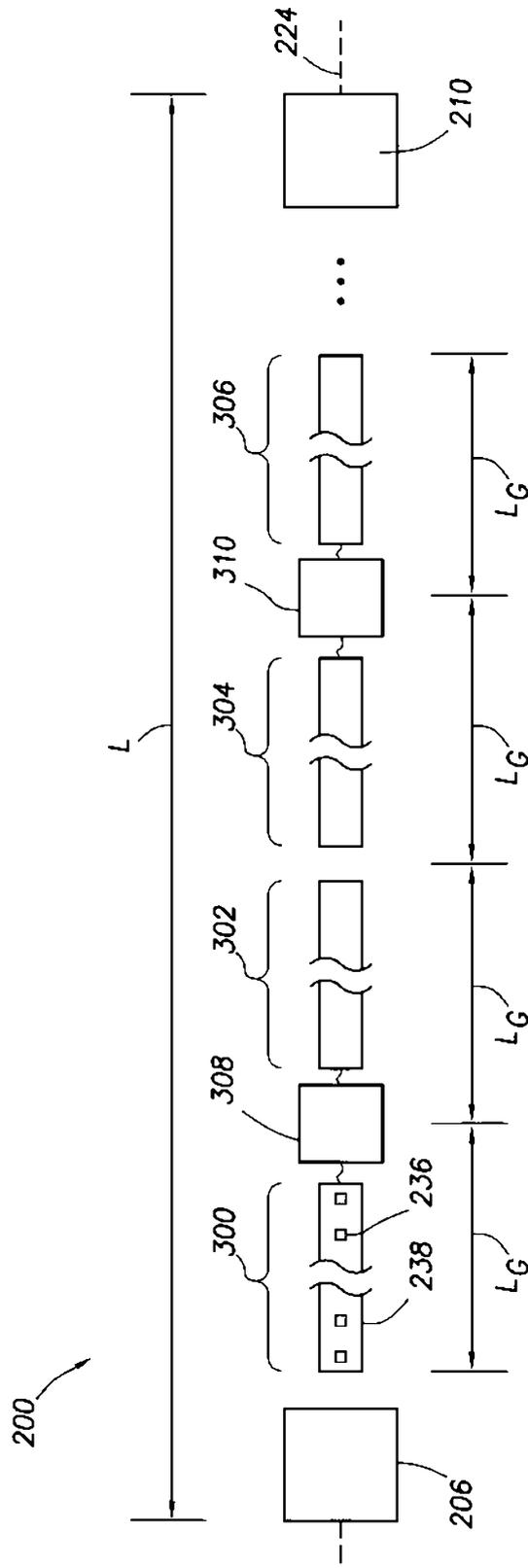


FIG.3

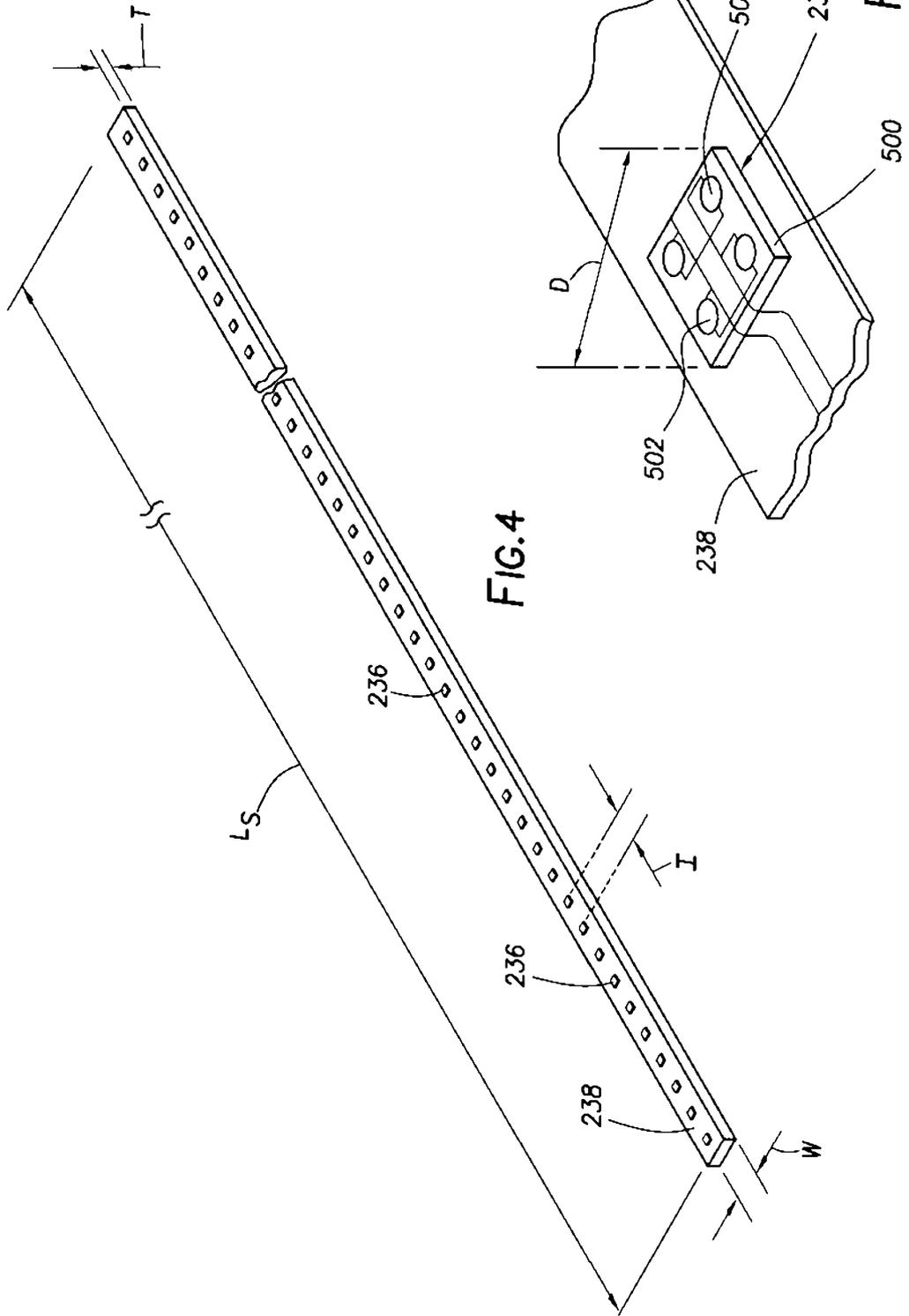


FIG. 4

FIG. 5

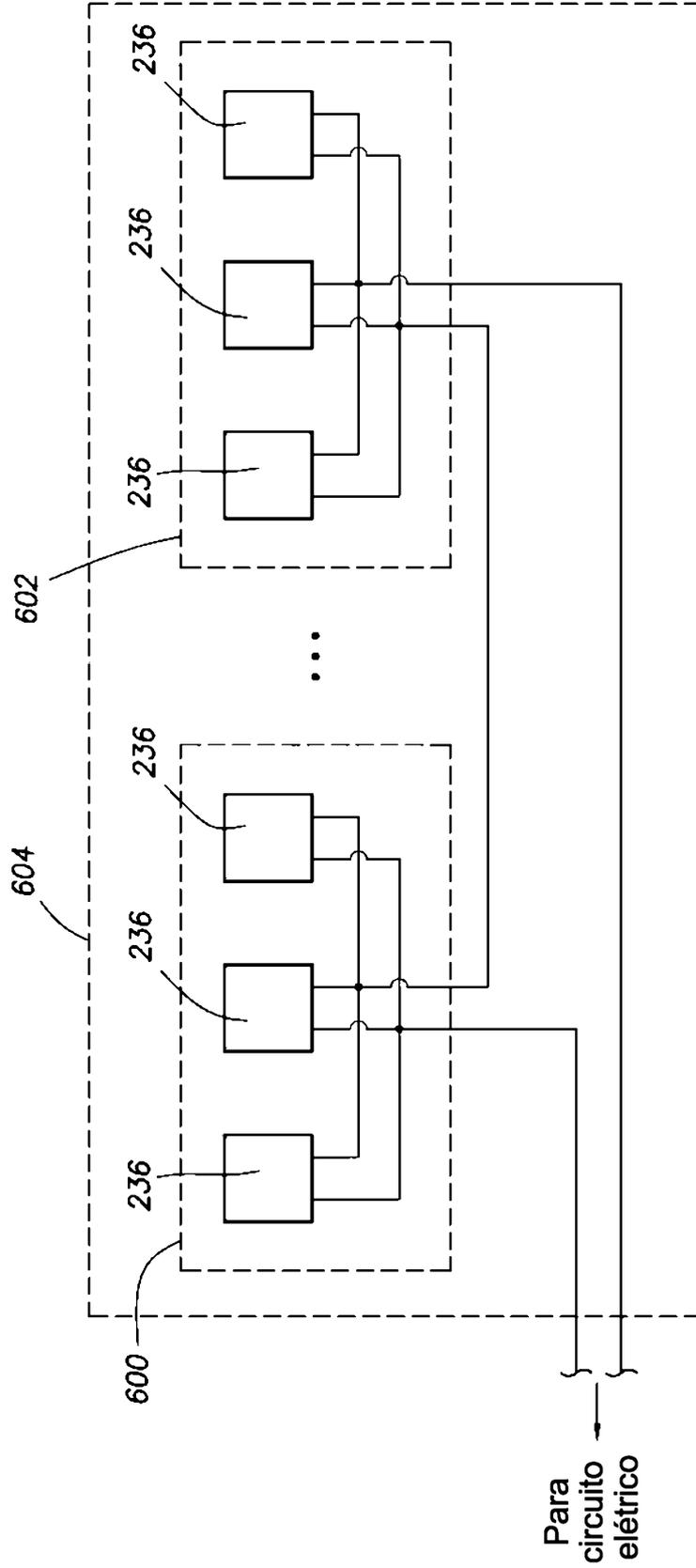


FIG.6

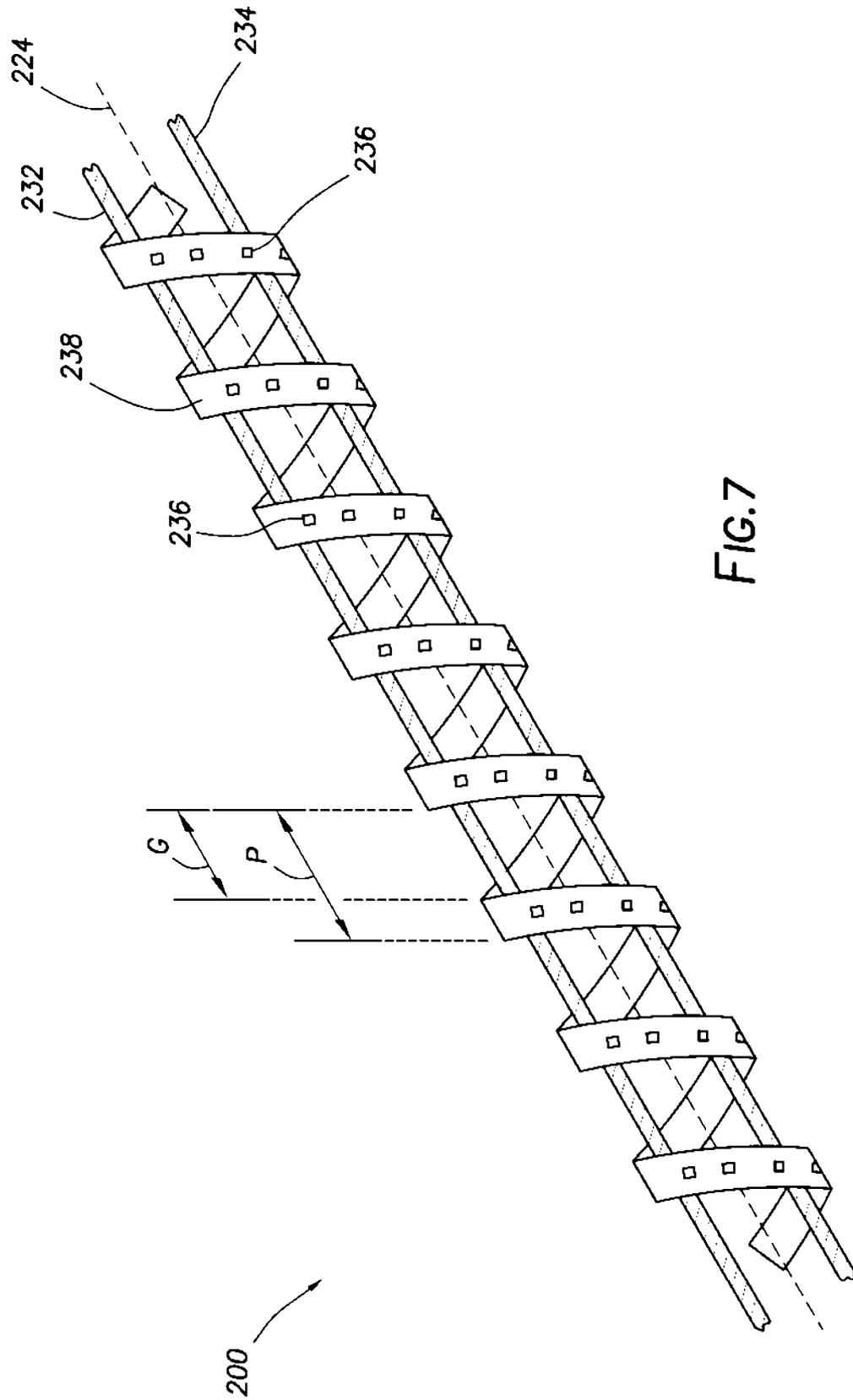


FIG.7

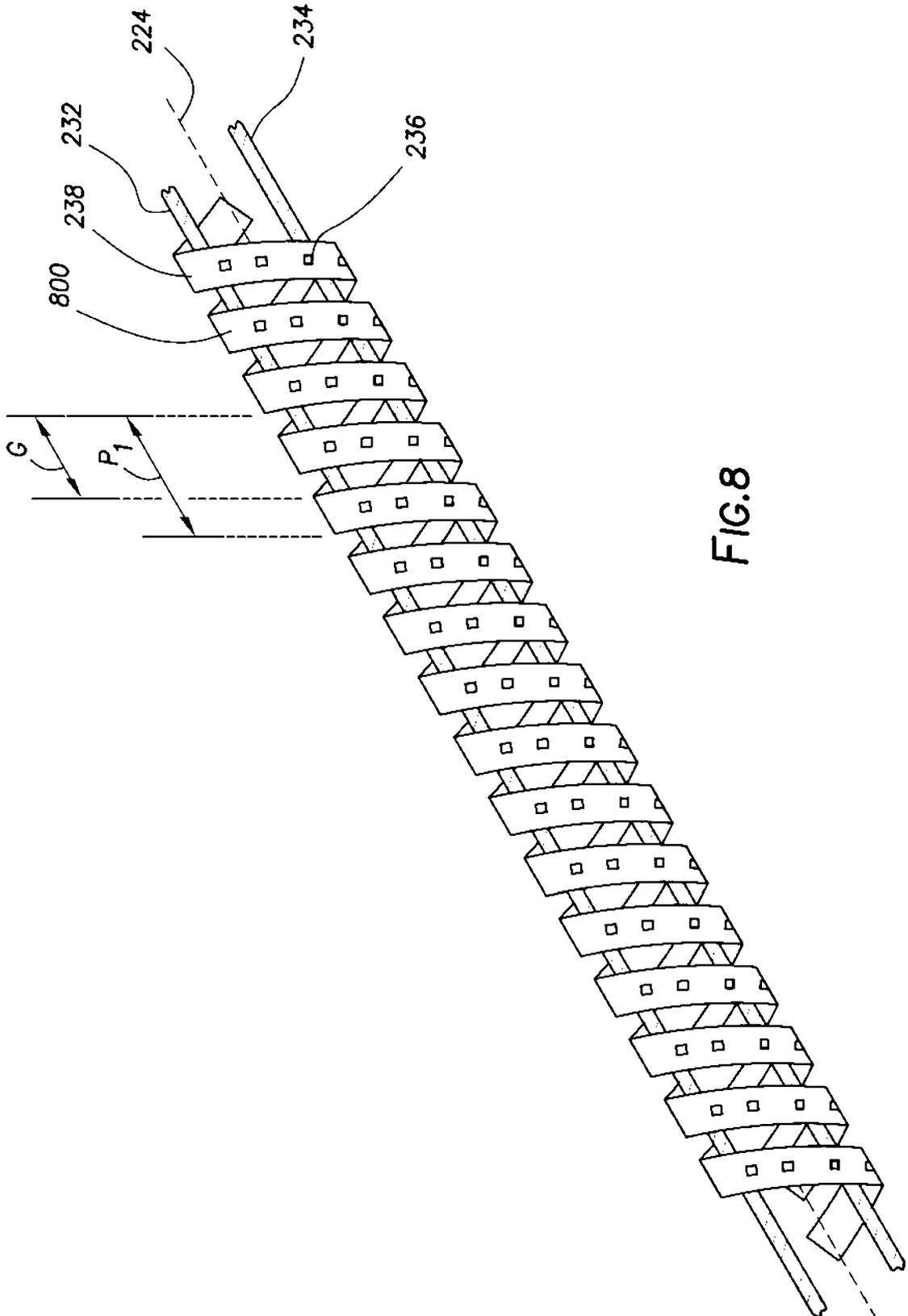


FIG. 8

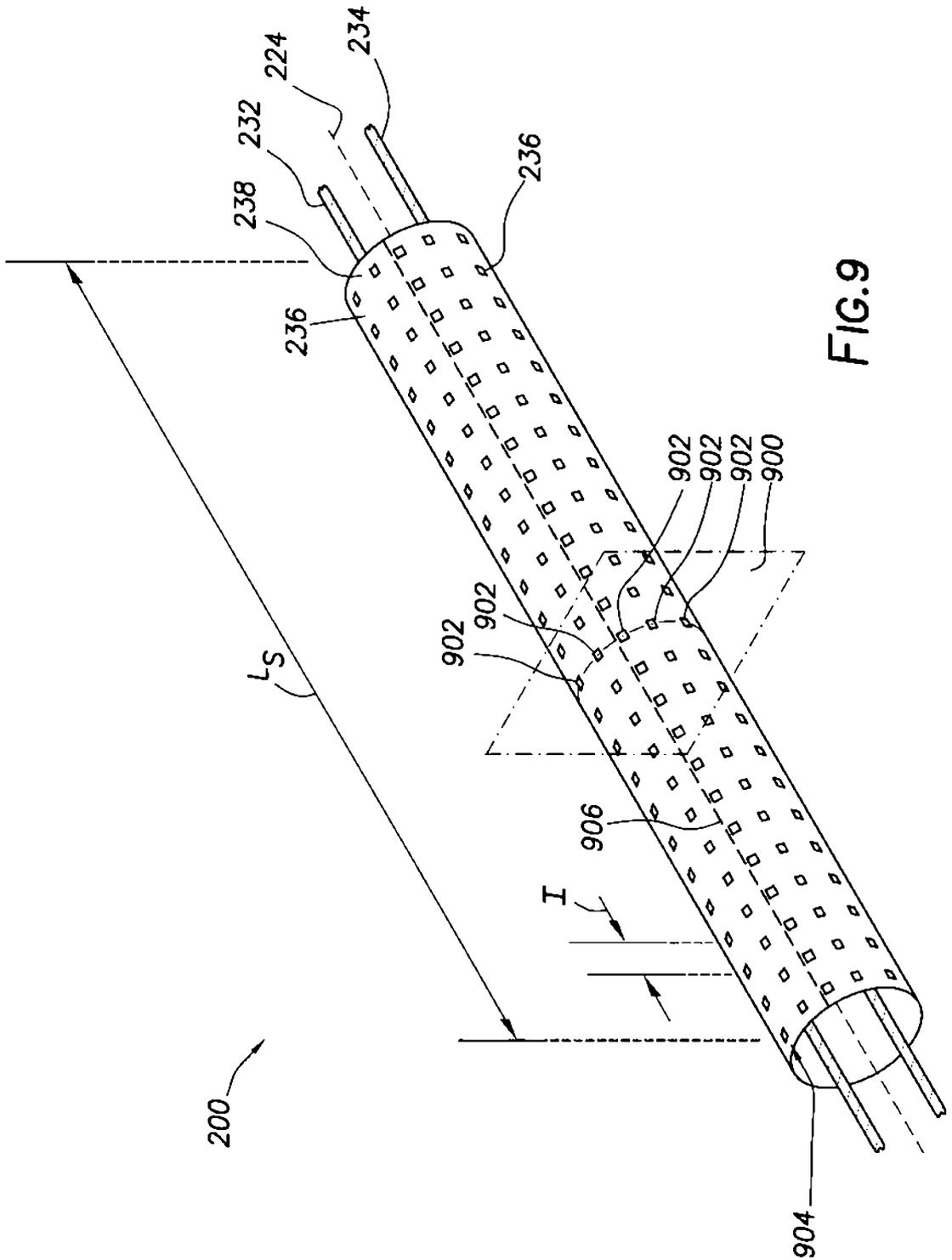


FIG. 9

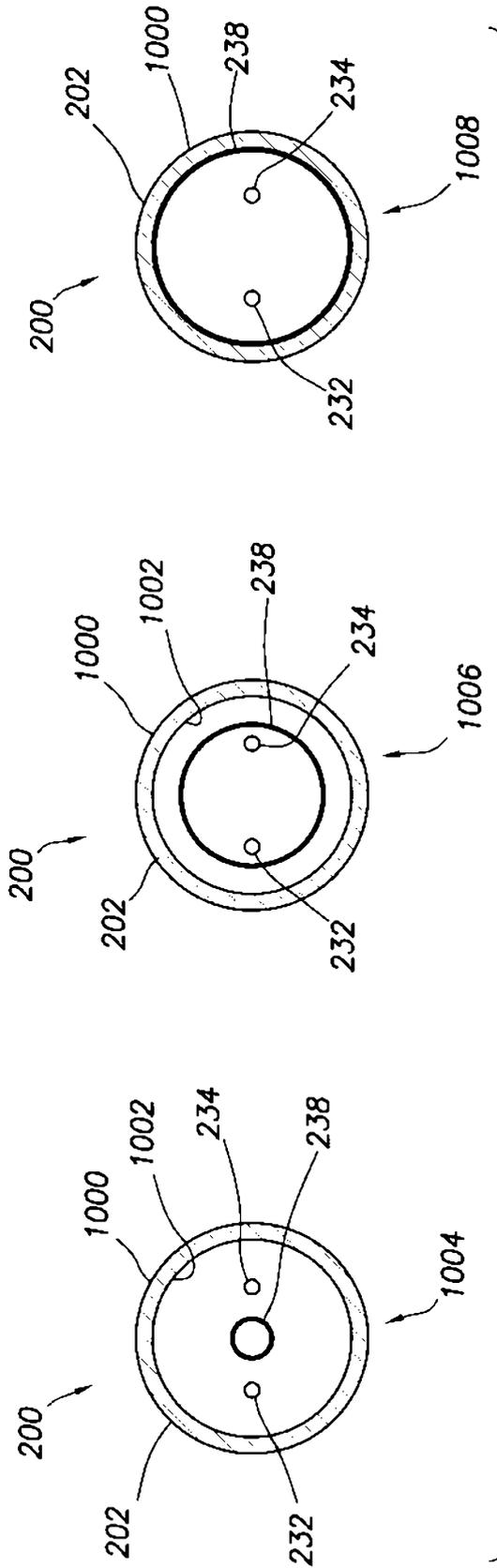


FIG.10

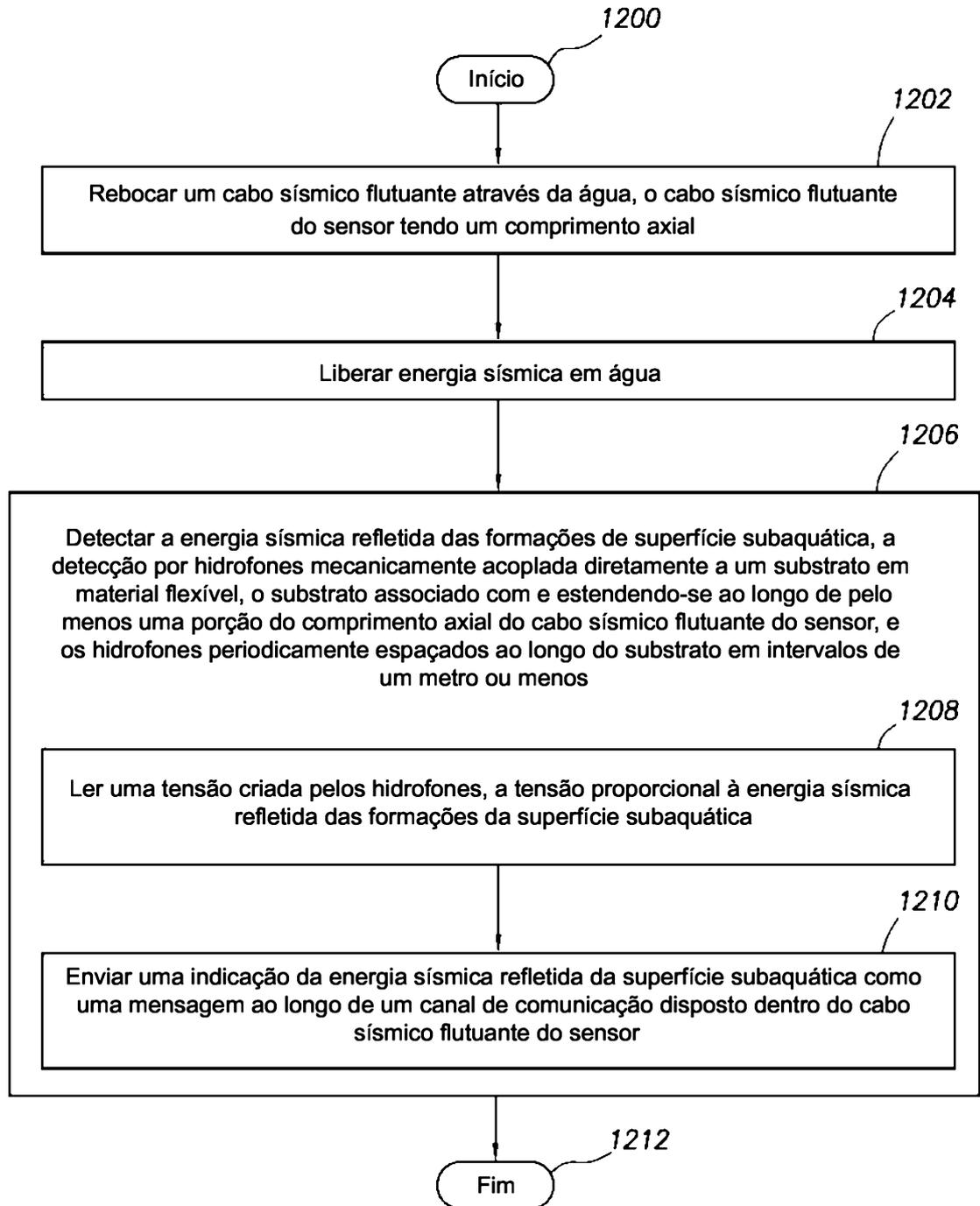


FIG. 12

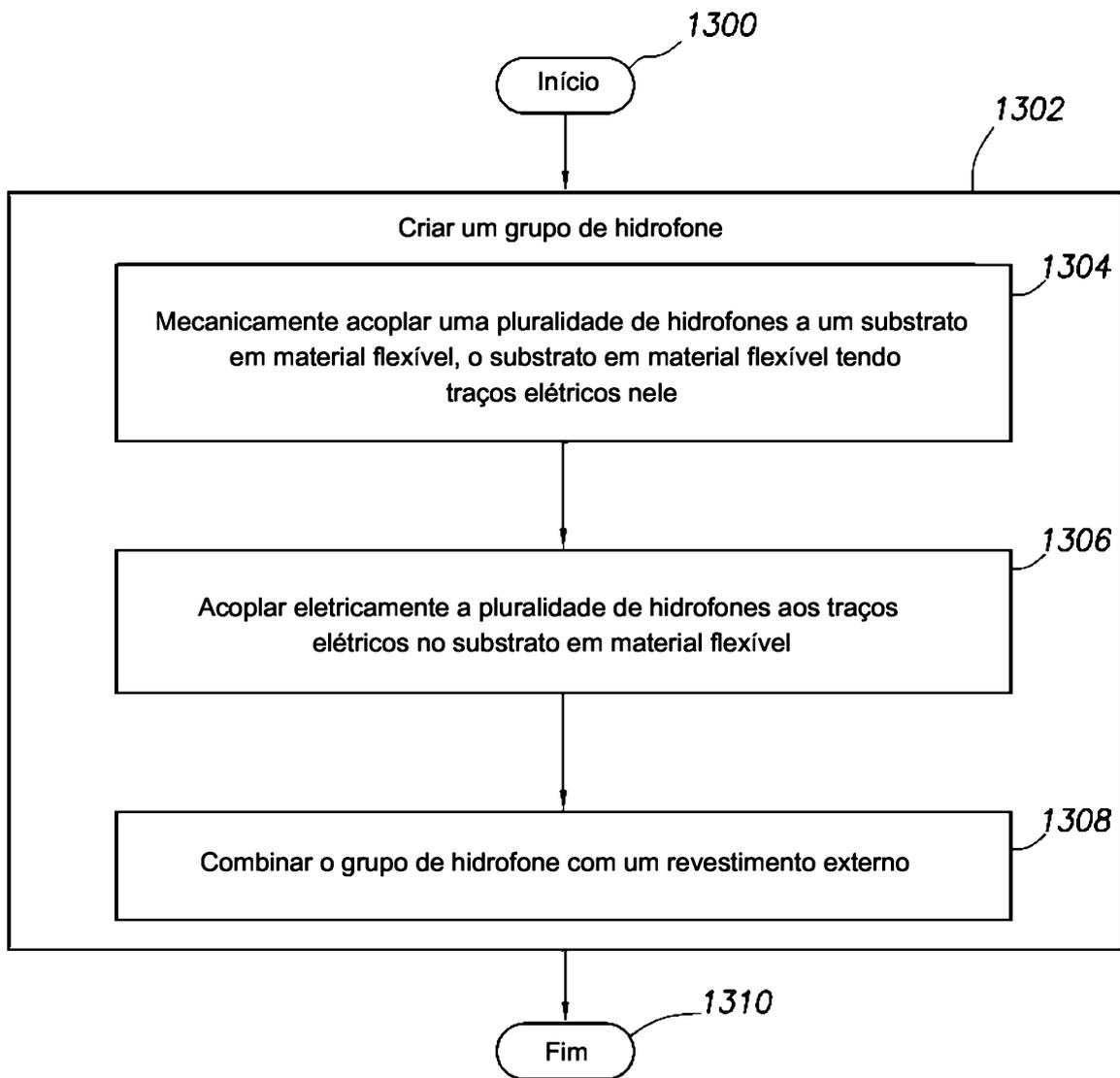


FIG. 13

RESUMO

Patente de Invenção: **"CABOS DE SENSOR GEOFÍSICO"**.

A presente invenção refere-se a pelo menos algumas das modalidades exemplares que são seções do cabo do sensor incluindo grupos de hidrofones definidos ao longo de uma seção do cabo de sensor geofísico, o grupo de hidrofones pode incluir: um substrato em material flexível tendo traços elétricos nele, o substrato dentro do volume interno ou incorporado dentro do revestimento externo, e o substrato tendo um comprimento medido paralelo ao eixo longitudinal; e uma pluralidade de hidrofones mecanicamente acoplada ao substrato. O substrato pode ter uma variedade de formatos, incluindo uma ou mais tiras, hélice, hélice dupla e cilíndrica.