



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

(21) **PI 1104006-8 A2**

(22) Data de Depósito: 25/08/2011
(43) Data da Publicação: 16/04/2013
(RPI 2206)



(51) *Int.Cl.:*
G01V 1/104

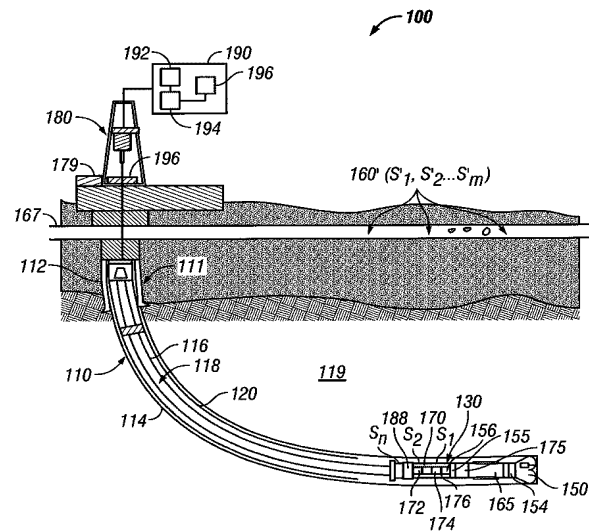
(54) **Título:** APARELHO E MÉTODO PARA ESTIMAR AS PROPRIEDADES DE FORMAÇÃO USANDO ELEMENTOS NANOEXPLOSIVOS

(30) **Prioridade Unionista:** 26/08/2010 US 12/869,315

(73) **Titular(es):** Baker Hughes Incorporated

(72) **Inventor(es):** Sunil Kumar

(57) **Resumo:** APARELHO E MÉTODO PARA ESTIMAR AS PROPRIEDADES DE FORMAÇÃO USANDO ELEMENTOS NANOEXPLOSIVOS. Em um aspecto, um método de estimar uma propriedade de interesse de uma formação é provido, cujo método, em uma modalidade, pode incluir: injetar elementos nanoexplosivos dentro da formação; detectar sinais responsivos à explosão dos elementos nanoexplosivos por um ou mais sensores, e processar os sinais detectados por um processador para estimar a propriedade de interesse da formação.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "APARELHO E MÉTODO PARA ESTIMAR AS PROPRIEDADES DE FORMAÇÃO USANDO ELEMENTOS NANOEXPLOSIVOS".

ANTECEDENTES

5 Campo da descrição

A presente invenção refere-se geralmente à estimativa de propriedades de formação usando elementos explosivos.

BREVE DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

10 Os poços de óleo (furos ou poços de sondagem) são perfurados com uma mola de perfuração que inclui um elemento tubular tendo uma montagem de perfuratriz (também referida como a montagem de fundo de poço ou "BHA") com uma broca de perfuratriz fixada à extremidade de fundo do mesmo. A broca de perfuratriz é girada para desintegrar as formações terrestres para perfurar o poço. O BHA inclui dispositivos e sensores para
15 prover informação sobre uma variedade de parâmetros relacionados às operações de perfuração e à formação. Vários sensores (referentes a sensores de perfuração enquanto medindo ou ferramentas ou sensores de perfuração enquanto explorando) são tipicamente colocados na montagem de perfuração para determinar as propriedades da formação enquanto perfurando o
20 poço. As ferramentas de exploração usando sensores diferentes são usadas para prover informação sobre a formação após a perfuração. A indústria de serviços de óleo está pesquisando continuamente as formas de estimar várias propriedades da formação usando tecnologias diferentes e mais eficazes e econômicas.

25 A presente divulgação provê aparelhos e métodos para usar certos elementos explosivos na formação para estimar uma ou mais propriedades de formação usando sinais acústicos gerados por tais elementos explosivos na formação.

SUMÁRIO

30 Em um aspecto, é provido o método de estimar uma propriedade de interesse de uma formação. O método em uma modalidade pode incluir injetar elementos explosivos dentro da formação, detectar os sinais acústi-

cos responsivos à explosão dos elementos explosivos na formação por um ou mais sensores e processar os sinais acústicos detectados por um processador para estimar a propriedade de interesse da formação.

Em outro aspecto, um aparelho para uso no poço é provido que, em uma modalidade, pode incluir um dispositivo de injeção configurado para injetar elementos explosivos dentro de uma formação, um sensor configurado para detectar os sinais acústicos gerados pela explosão dos elementos explosivos na formação e um processador configurado para processar os sinais acústicos detectados para estimar uma propriedade da formação.

Exemplos de certas características do aparelho e método descritos no presente são resumidos bastante amplamente a fim de que a descrição detalhada dos mesmos que seguem possam ser mais bem compreendidas. Existem, naturalmente características adicionais do aparelho e método divulgados daqui por diante que formarão o objeto das reivindicações anexas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Para a compreensão detalhada da presente divulgação, referências devem ser feitas à seguinte descrição detalhada, tomada em conjunto com os desenhos anexos em que elementos semelhantes são geralmente designados com numerais semelhantes e em que:

A figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema exemplar configurado para transportar um aparelho em um poço, onde o aparelho é configurado para injetar certos elementos explosivos dentro de uma formação e para estimar uma propriedade da formação utilizando os sinais acústicos produzidos por tais elementos explosivos na formação, de acordo com uma modalidade da divulgação;

a figura 2 mostra detalhes de uma ferramenta colocada em um poço e configurada para injetar certos elementos explosivos dentro de uma formação e para estimar uma propriedade da formação utilizando os sinais acústicos produzidos por tais elementos explosivos, de acordo com uma modalidade da divulgação;

a figura 3 é um diagrama de linha de uma ferramenta colocada

em um poço e configurada para injetar certos elementos explosivos dentro de uma formação e para estimar uma propriedade da formação utilizando os sinais acústicos produzidos por tais elementos explosivos na formação de acordo com outra modalidade da divulgação; e

5 a figura 4 mostra um aparelho para usar elementos explosivos para determinar uma zona que está absorvendo fluido de perfuração (também referido como uma zona ladra) durante a perfuração de um poço.

DESCRIÇÃO DETALHADA

10 A figura 1 é um diagrama esquemático de um sistema de perfuração 100 exemplar que pode utilizar um aparelho para injetar certos elementos explosivos dentro de uma formação e ainda estimar uma ou mais propriedades da formação utilizando a energia ou sinais acústicos produzidos pelos elementos explosivos na formação, de acordo com as várias modalidades e métodos desta divulgação. A figura 1 mostra um poço 110 que
15 inclui uma seção superior 111 com um revestimento 112 instalado no mesmo e uma seção inferior 114 sendo perfurada com uma mola de perfuração 118. A mola de perfuratriz 118 inclui um elemento tubular 116 que transporta uma montagem de perfuração 130 (também referida como uma montagem de furo de fundo ou "BHA") em sua extremidade de fundo. O elemento tubular 116 pode ser composto unindo as seções de tubo de perfuração ou uma
20 tubulação resfriada. Uma broca de perfuratriz 150 é fixada à extremidade de fundo do BHA 130 para desintegrar a formação rochosa para perfurar o poço 110 de um diâmetro selecionado na formação 119. Os termos poço e furo de sondagem são usados no presente como sinônimos.

25 A mola de perfuração 118 é mostrada transportada para dentro do poço 110 a partir de uma plataforma exemplar 180 na superfície 167. A plataforma 180 mostrada na figura 1 é uma plataforma de terra para facilidade de explicação. O aparelho e método divulgados no presente também podem ser utilizados com plataformas em alto mar. Uma mesa giratória 169 ou
30 um acionamento de topo (não mostrado) acoplado à mola de perfuração 118 pode ser utilizado para girar a mola de perfuração 118 na superfície para girar a montagem de perfuração 130 e, assim, a broca de perfuratriz 150

para perfurar o poço 110. Um motor de perfuração 155 (também referido como "motor de lodo") também pode ser provido para girar a broca de perfuratriz. Uma unidade de controle (ou controlador ou controlador de superfície) 190 que pode ser uma unidade baseada em computador, pode ser colocada na superfície 167 para receber e processar os dados transmitidos pelos sensores na broca de perfuratriz e outros sensores na montagem de perfuração 130 e para controlar as operações selecionadas dos vários dispositivos e sensores na montagem de perfuração 130. O controlador de superfície 190, em uma modalidade, pode incluir um processador 192, um dispositivo de armazenamento de dados (ou um meio legível por computador) 194 para armazenar dados e programas de computador 196. O dispositivo de armazenamento de dados 194 pode ser qualquer dispositivo apropriado, incluindo, mas não limitado a, uma memória somente de leitura (ROM), uma memória de acesso aleatório (RAM), uma memória flash, uma fita magnética, um disco rígido e um disco ótico. Para perfurar o poço 110, um fluido de perfuração 179 é bombeado sob pressão para dentro do elemento tubular 116. O fluido de perfuração descarrega no fundo da broca de perfuratriz 150 e retorna à superfície através de um espaço anular (também referido como um "anel") entre a mola de perfuração 118 e a parede interna do poço 110.

Com referência ainda à figura 1, a montagem de perfuração 130 pode incluir ainda um ou mais sensores de poço (também referidos como sensores perfurando enquanto medindo (MWD) ou perfurando enquanto explorando (LWD), coletivamente designados pelo numeral 175, e pelo menos uma unidade de controle (ou controlador) 170 para processar os dados recebidos dos sensores MWD 175 e a broca de perfuratriz 150. O controlador 170 pode incluir um processador 172, tal como um microprocessador, um dispositivo de armazenamento de dados 174 e um programa 176 para uso pelo processador para processar os dados do poço e comunicar os dados com o controlador de superfície 190 através de uma unidade de telemetria 188 bidirecional. O dispositivo de armazenamento de dados pode ser um dispositivo de memória apropriado, incluindo, mas não limitado a, uma memória somente de leitura (ROM), uma memória de acesso aleatório (RAM),

memória flash e disco, O BHA 130 também inclui uma ferramenta 165 configurada para injetar elementos explosivos relativamente pequenos, tais como explosivos tendo dimensões em uma faixa de alguns micrometros ou nanômetros. Outros elementos explosivos também podem ser utilizados para o fim desta divulgação. Conseqüentemente, a mola de perfuração 118 ou uma porção da mesma (tal como o BHA) pode incluir um fone ou transmissor 156 para ativar os elementos nanoexplosivos ativos e um ou mais sensores S1, S2... Sn, etc. (coletivamente designados pelo numeral 160), configurados para detectar os sinais acústicos gerados pelos elementos nanoexplosivos. Adicionalmente, os sensores S1' , S2' ... Sm' (coletivamente designados pelo numeral 160') podem ser colocados em locais selecionados na superfície para detectar os sinais acústicos gerados pelos elementos explosivos. Os sensores 160 podem ser quaisquer sensores apropriados, tais como hidrofones de alta resolução. Os sensores 160', em um aspecto, podem ser colocados na superfície terrestre. Tais sensores podem ser geofones de alta resolução ou quaisquer outros sensores apropriados configurados para detectar sinais acústicos. O sinal acústico detectado pode ser processado pelo controlador de poço 170 e/ou controlador de superfície 190 para estimar uma ou mais propriedades da formação, como descrito em mais detalhe com referência às figuras 2-4.

Para o fim desta divulgação, elementos explosivos pequenos podem ser referidos como elementos nanoexplosivos. Os elementos nanoexplosivos podem ser (i) elementos passivos, isto é, elementos que explodem um certo período de tempo após serem colocados ou injetados em um local selecionado (elementos explosivos tendo um retardo de tempo inerente ou especificamente configurado), tais como, por exemplo, elementos explosivos que explodirão em uma formação após um tempo predeterminado ou após uma certa distância percorrida; ou (ii) elementos passivos que explodem quando entram em contato com um material específico na formação; ou (iii) elementos ativos, isto é, elementos que podem ser ativados por um estímulo externo para explodir, incluindo, mas não limitados a, elementos configurados para explodir por sinais magnéticos, sinais elétricos e sinais de

rádio.

Nos aspectos, os motores em nanoescala (feitos pelo homem) sintéticos podem ser utilizados para transportar os elementos nanoexplosivos na formação. Certos nanomotores sintéticos são capazes de converter energia em movimento e forças. Tais nanomotores sintéticos podem tolerar uma faixa mais diversa de condições ambientais, tais como temperaturas e pressões altas na formação. Alguns nanomotores atuais podem percorrer a velocidades de 100 comprimentos do corpo por segundo e gerar forças relativamente grandes capazes de mover ou arrastar carga de mais do que dez vezes seu próprio diâmetro. Nanomotores incluindo nanofios exibem movimento autônomo (autopropelido) na direção axial do fio com velocidades de cerca de 20 micrometro/s. Ao adaptar os motores de nanofio autopropelidos ou composição de combustível, a força (energia) e velocidade de tais motores de nanofio podem ser aumentadas a acima de 100 $\mu\text{m/s}$, isto é, 50 pesos do corpo ou mais. Também, os nanomotores podem ser transportados dentro da formação sob alta pressão e temperatura. Também, o movimento de certos nanomotores sintéticos transportando carga (tais como elementos nanoexplosivos) dentro de redes de microcanais de uma formação pode ser manipulado por forças externas, tais como forças magnéticas. Tais nanomotores sintéticos podem ser empregados para transportar elementos nanoexplosivos para dentro da formação. Os elementos nanoexplosivos transportados pelos nanomotores podem ser materiais passivos ou materiais ativos. Em uma configuração, os nanomotores autopropelidos podem liberar elementos nanoexplosivos para locais remotos na formação utilizando os hidrocarbonetos disponíveis localmente para propelir por si mesmos mais profundo dentro dos poros interconectados da matriz da rocha da formação. Os nanomotores transportando elementos explosivos pequenos podem ser compensados após um tempo predeterminado ou por um estímulo externo, tais como sinais de frequência de rádio, sinais magnéticos, etc. produzindo eventos de explosão microssísmicos. Os sinais acústicos produzidos por tais eventos de explosão microssísmicos podem ser detectados por sensores sísmicos em um poço e/ou na superfície e processados para estimar uma ou

mais propriedades da formação, incluindo prover imagens de invasão de lodo da formação e outras propriedades da formação.

A figura 2 mostra detalhes de uma ferramenta exemplar 210 colocada em um local selecionado no poço 201 próximo à zona de interesse 202. A zona 202 é mostrada para incluir uma interface de limite superior 203a correspondendo a uma zona superior 202a e uma interface de limite inferior 203b correspondendo a uma zona inferior 202b. A ferramenta 210, em um aspecto, inclui um recipiente 220 configurado para armazenar os elementos explosivos 222 para uso no poço. A ferramenta 210 inclui uma unidade de bombeamento 225 configurada para injetar os elementos explosivos 222 a partir do recipiente 220 dentro da zona 202. Em uma configuração, a unidade de bombeamento 225 inclui uma bomba 224 acoplada a uma sonda extensível 230 encerrada em uma almofada 234 e um dispositivo de controle de fluxo 226, incluindo, mas não limitado a, uma válvula eletricamente controlada, uma válvula controlada mecanicamente ou uma válvula hidráulicamente controlada. O dispositivo de controle de fluxo 226 e a bomba 224 podem ser controlados pelo controlador de poço 170 e/ou o controlador de superfície 190 (figura 1).

Com referência ainda às figuras 1 e 2, uma vez que a ferramenta 210 está localizada na profundidade desejada, a sonda 230 e almofada 234 são estendidas para levar a almofada 234 a vedar contra a parede interna 201a do poço 201, que leva a sonda 230 a inclinar a parede 201a. Uma vez que a sonda 230 está firmemente posicionada, a bomba 224 é ativada e a válvula 228 aberta para uma posição selecionada para injetar os elementos explosivos 222 dentro da formação 202. Em um aspecto, os elementos explosivos 222 movem-se com o passar do tempo na direção da interface 203a. Em um aspecto, a interface 203a pode ser uma interface de óleo-água. Em um aspecto, os elementos explosivos 222 são elementos passivos tendo substancialmente as mesmas características ou propriedades. Neste caso, os elementos explosivos 222 terão substancialmente a mesma constante de tempo, isto é, que eles explodirão aproximadamente ao mesmo tempo a partir do tempo da injeção. Também, tais elementos explosivos 222

tenderão a se mover substancialmente na mesma velocidade ao longo da mesma via na zona 202 e, assim, percorrerão substancialmente o mesmo local 206 e explodirão substancialmente simultaneamente. Quando os elementos explosivos ativos são utilizados, tais elementos percorrerão na
5 mesma formação 202 uma certa distância por unidade de tempo. No caso de elementos explosivos ativos, um dispositivo de ativação de superfície 265 pode ser usado para ativar os elementos explosivos ativos em um tempo desejado após o tempo de injeção de tais elementos dentro da formação 202. A fonte pode ser qualquer fonte apropriada baseada no tipo de elemen-
10 tos nanoexplosivos, incluindo, mas não limitada a fonte acústica, uma fonte de frequência de rádio, uma fonte magnética e uma fonte térmica (calor). O tempo de ativação dos elementos explosivos ativados pode ser estimado ou calculado baseado no tipo de elementos usados e nas condições do poço, tais como, mas não limitado aos tipos de fluido na formação, condições tér-
15 micas e pressão. Os sensores S1, S2 ... Sn ao longo da ferramenta 210 e a mola de perfuração 218 detectam os sinais acústicos produzidos pelas explosões dos elementos explosivos 222 na formação. Alternativamente, ou além disso, os sensores S1', S2' ... Sm' na superfície podem ser utilizados para detectar os sinais acústicos produzidos pelas explosões dos elementos
20 explosivos 222. Os sinais acústicos detectados podem ser ampliados, condicionados e processados pela unidade de controle do poço 170 e/ou a unidade de controle de superfície 190 para prover estimativas de uma ou mais propriedades da formação. Em outro aspecto, o elemento nanoexplosivo pode ser injetado em qualquer profundidade seleccionada e controlável ex-
25 plodido para fraturar a formação de rocha em tal profundidade. O limite de tal explosão ou explosões controladas dependerá do tempo de percurso de tais elementos nanoexplosivos para alcançar o local ou os locais de fratura dese-
jados.

A figura 3 é um diagrama de linha de um aparelho 300 configura-
30 do para injetar elementos explosivos em uma formação e estimar uma ou mais propriedades da formação utilizando os sinais acústicos produzidos pela explosão de tais elementos explosivos 222 na formação, de acordo com

outra modalidade da divulgação. O aparelho 300 é mostrado implantado em um poço 301. O aparelho 300 inclui uma ferramenta 310 tendo um corpo 311 que aloja um par de membros de vedação espaçados 224a e 224b configurado para vedar uma seção 326 do poço 301 entre os elementos de vedação 324a e 324b. Nos aspectos, os elementos de vedação 324a e 324b podem ser expandidos do corpo da ferramenta 311 para formar uma vedação com a parede interna 301a do poço 301 para ancorar a ferramenta 310 no poço e isolar a seção de poço 326, e retraídos para deixar a ferramenta 310 mover-se no poço 301. A ferramenta 310 ainda pode incluir um dispositivo de bombeamento 340 que inclui uma bomba 341 e um dispositivo de controle de fluxo 342, tal como uma válvula em um conduto 346. O conduto 346 inclui uma entrada 346a na comunicação fluida com a seção isolada 326 e uma saída 346b em comunicação fluida com a seção de poço acima do dispositivo de vedação 324b. A bomba 341 e o dispositivo de controle de fluxo 342 podem ser controlados pelo controlador de poço 170 e ou o controlador de superfície 190, como discutido anteriormente. A ferramenta 310 inclui ainda um recipiente 350 para armazenar uma mistura 355 contendo um fluido apropriado 352 e um elemento explosivo 353. A mistura 355 é referida como os elementos explosivos contendo fluido. Uma bomba 354 e um dispositivo de controle de fluxo 356 acoplado a uma linha de fluxo 358 e à bomba 354 são configurados para bombear os elementos explosivos contendo fluido 355 a partir do recipiente 350 para dentro da seção vedada 336 através de um bocal 359 na extremidade da linha de fluxo 358.

Com referência ainda à figura 3, após colocar a ferramenta 310 no local ou profundidade desejado no poço 301, os elementos de vedação 324a e 324b são expandidos para isolar a seção 336 do poço 301. O controlador 170 abre o dispositivo de controle de fluxo 342 e ativa a bomba 341 deste modo removendo o fluido 337 da seção isolada 336 e bombeando o mesmo para dentro do espaço anular 339 entre a ferramenta 310 e a parede do poço 301 acima do elemento de vedação 324b. Uma vez que o volume desejado do fluido 337 foi removido da seção 336. O dispositivo de controle de fluxo 342 é fechado e a bomba 341 desativada. O dispositivo de controle

de fluxo 356 é então aberto e a bomba 354 ativada para bombear os elementos explosivos contendo fluido 355 do dispositivo de armazenamento 350 na seção 336. A pressão nos elementos explosivos contendo fluido 355 na seção 336 pode ser aumentada pela bomba 354 ou outro dispositivo, tal como um êmbolo operado hidraulicamente ou mecanicamente para levar o fluido 355 na seção 336 migrar para dentro da formação 302. Quando os elementos explosivos 353 no fluido 355 são elementos passivos, eles explodirão um certo tempo após eles migrarem para dentro da formação 302 como descrito com referência à figura 2. Se os elementos explosivos 353 no fluido 355 são elementos ativos que podem ser explodidos por um dispositivo de ativação 370. Os sinais acústicos gerados pelos elementos explosivos 353 são detectados pelos sensores S1, S2 ... Sn. Os sinais de tais sensores podem ser ampliados, condicionados e processados pelo controlador 170 e/ou controlador 190 para estimar uma ou mais propriedades da formação, no modo desejado acima com referência às figuras 1 e 2. Em outro aspecto, a distância entre os elementos de vedação 324a e 324b pode ser suficientemente pequena, deste modo eliminando a necessidade de remover qualquer fluido da seção 336. Neste caso, a ferramenta 310 não precisa incluir a unidade de bombeamento 340.

A figura 4 mostra um aparelho 400 para usar os elementos explosivos para determinar uma zona que está absorvendo quantidades excessivas de fluido de perfuração (referida também como uma zona ladra) durante a perfuração de um poço 401. Durante a condição de formação normal, uma certa quantidade do fluido de perfuração 405 penetra na formação circundando o poço 402 e é assim perdida. A zona em que o fluido de perfuração penetra é referida como a zona invadida. Tais quantidades são geralmente conhecidas dos operadores. No entanto, quantidade excessiva de fluido de perfuração penetra nas rochas fracamente consolidadas (zonas laderas). Quando a existência de uma zona ladra, tal como zona 402a, é suspeita, uma bomba 460 na superfície pode ser utilizada para bombear uma mistura de fluido 455 contendo o fluido de perfuração 452 e os elementos explosivos 453 no tubo de perfuração 418. A mistura 455 penetrará na zona

ladra 402a. Se os elementos explosivos 353 são passivos, eles explodirão após um período de tempo e se eles são elementos ativos, podem ser explodidos por um dispositivo de ativação 470. Os sinais acústicos gerados pelos elementos de explosão 353 podem ser detectados pelos sensores S1, S2 ... Sn e processados pelo controlador 170 e/ou o controlador 190 como descrito com referência às figuras 1 e 2.

Em cada uma das modalidades descritas no presente, os sinais acústicos gerados pelos elementos nanoexplosivos podem ser utilizados para estimar certas propriedades da formação, incluindo, mas não limitadas a local das explosões, uma condição de limite de leito, uma distância entre o local de uma explosão e um local de referência, e uma imagem de uma propriedade da formação. Também, partículas magnéticas e dielétricas misturadas com o fluido de perfuração podem ser injetadas na formação. Medições magnéticas e elétricas das partículas magnéticas e elétricas infiltradas na formação podem ser utilizadas para mapear a zona invadida, incluindo uma zona ladra. O mapeamento de tal zona pode ser apresentado em um gráfico de visão bidimensional ou tridimensional correspondendo a qualquer profundidade de poço desejada. Tal mapeamento pode ser realizado enquanto perfurando o poço.

Assim, em um aspecto, é divulgado um método de estimar uma propriedade de uma formação, cujo método em uma modalidade pode incluir: injetar elementos nanoexplosivos dentro da formação; detectar sinais responsivos à explosão dos elementos nanoexplosivos por um ou mais sensores; e processar os sinais detectados por um processador para estimar a propriedade de interesse da formação. Nos aspectos, os elementos nanoexplosivos podem ser: (i) elementos nanoexplosivos passivos que explodem quando entram em contato com um elemento selecionado; (ii) elementos ativos configurados para serem explodidos por um controlador remoto; ou (iii) elementos nanoexplosivos transportados pelo nanotransportador que migra para dentro da formação. Em um aspecto, os elementos nanoexplosivos podem ser injetados por uma bomba localizada no poço, cuja bomba é configurada para bombear os elementos nanoexplosivos de uma fonte dos

mesmos através de uma sonda colocada contra uma parede do poço. Em outro aspecto, o método pode incluir: (i) substituir um fluido em uma seção do poço com um fluido contendo elementos nanoexplosivos; e (ii) pressurizar o fluido contendo os elementos nanoexplosivos na seção do poço para levar os elementos nanoexplosivos a migrar para dentro da formação. O um ou mais sensores incluem pelo menos um sensor em um local selecionado de um de (i) um local no poço formado na formação; (ii) um local na superfície; e (iii) pelo menos um sensor no poço formado na formação e pelo menos um sensor na superfície. Em outro aspecto, o método pode utilizar pelo menos três sensores espaçados; e processar os sinais aplicando uma técnica de triangulação para determinar um local associado com a explosão dos elementos nanoexplosivos. Os elementos nanoexplosivos, quando utilizados, podem ser explodidos por qualquer fonte apropriada ou mecanismo, incluindo, mas não limitados a: uma fonte de frequência de rádio (sinais), uma fonte magnética (sinais), uma fonte acústica (sinais); e uma fonte térmica (calor).

Ainda em outro aspecto, um método de estimar um local de uma zona ladra é provido, cujo método, em uma modalidade, pode incluir: perfurar um poço usando um fluido de perfuração; determinar uma condição de uma invasão do fluido de perfuração para dentro da formação; suprir elementos nanoexplosivos ao fluido de perfuração; detectar sinais acústicos gerados pela explosão dos elementos explosivos na formação por um ou mais sensores; e processar os sinais detectados por um processador para determinar o local de uma zona associada com a invasão do fluido de perfuração dentro da formação. Em uma configuração, os elementos explosivos são elementos ativos que podem ser explodidos usando frequência de rádio ou sinais magnéticos.

Em outro aspecto, é provido um aparelho para uso em um poço, cujo aparelho, em uma modalidade, inclui: um dispositivo de injeção configurado para injetar elementos nanoexplosivos dentro de uma formação; um ou mais sensores configurados para detectar os sinais acústicos gerados pela explosão dos elementos explosivos na formação, e um processador configu-

rado para processar os sinais de um ou mais sensores para estimar uma propriedade da formação. Em uma configuração, o dispositivo de injeção inclui uma bomba configurada para bombear os elementos nanoexplosivos de uma fonte dos mesmos para dentro da formação. Em um aspecto, os elementos nanoexplosivos são elementos ativos e o aparelho compreende ainda um dispositivo de atuação para ativar os elementos nanoexplosivos ativos. Os elementos nanoexplosivos podem compreender um de: (i) elementos nanoexplosivos passivos que explodem quando entram em contato com um elemento selecionado; (ii) elementos ativos configurados para serem explodidos por um controlador remoto; e (iii) elementos nanoexplosivos transportados por não transportadores que migram para dentro da formação. Em outra configuração, o aparelho ainda pode incluir: (i) um dispositivo de vedação configurado para isolar uma seção do poço; (ii) um dispositivo configurado para remover fluido da seção isolada; e em que o dispositivo de injeção é configurado para injetar os elementos nanoexplosivos dentro do espaço isolado. Em um aspecto, o aparelho inclui pelo menos três sensores espaçados, e em que o processador é configurado para utilizar uma técnica de triangulação para estimar um local da explosão dos elementos nanoexplosivos na formação. Em um aspecto, o dispositivo de atuação é um de: (i) uma fonte de frequência de rádio; e (ii) uma fonte magnética.

Em ainda outro aspecto, um aparelho para estimar uma propriedade de uma formação, o aparelho inclui uma mola de perfuração configurada para perfurar um poço; uma bomba configurada para suprir um fluido de perfuração à mola de perfuração durante a perfuração de um poço; um dispositivo para suprir elementos nanoexplosivos, em que os elementos nanoexplosivos são configurados para migrar para dentro da formação e explodirem; pelo menos um sensor configurado para detectar sinais acústicos gerados pela explosão dos elementos nanoexplosivos na formação; e um processador configurado para processar os sinais do pelo menos um sensor para estimar a propriedade da formação. Em uma configuração, os elementos explosivos são elementos ativos, e o aparelho ainda compreende uma fonte para levar os elementos nanoexplosivos a explodirem.

A descrição acima é dirigida a certas modalidades para o fim de ilustração e explicação. Será aparente, no entanto, aos versados na técnica que muitas modificações e trocas nas modalidades descritas acima podem ser feitas sem sair do escopo e espírito dos conceitos e modalidades divulgados no presente. É pretendido que as seguintes reivindicações sejam interpretadas para englobar todas estas modificações e trocas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de estimar uma propriedade de interesse de uma formação, compreendendo:

injetar elementos nanoexplosivos dentro da formação;

5 detectar sinais responsivos à explosão dos elementos nanoexplosivos por um ou mais sensores; e

processar os sinais detectados por um processador para estimar a propriedade de interesse de uma formação.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que os elementos nanoexplosivos compreendem um de: (i) elementos nanoexplosivos pas-
10 sivos que explodem quando entram em contato com um elemento selecionado; (ii) elementos ativos configurados para serem explodidos por um controlador remoto; (iii) elementos nanoexplosivos transportados por um nano-transportador que migra para dentro da formação.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que injetar elementos nanoexplosivos compreende:

injetar os elementos nanoexplosivos usando uma bomba no poço configurada para bombear os elementos nanoexplosivos a partir de uma fonte dos mesmos através de uma sonda colocada contra uma parede do
20 poço.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que injetar elementos nanoexplosivos compreende:

(i) substituir um fluido em uma seção do poço com um fluido contendo elementos nanoexplosivos; e

25 (ii) pressurizar o fluido contendo os elementos nanoexplosivos na seção do poço para levar os elementos nanoexplosivos a migrar para dentro da formação.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o um ou mais sensores incluem pelo menos um sensor em um local selecionado de
30 um de: (i) um local de um poço formado na formação; (ii) um local na superfície; e (iii) pelo menos um sensor do poço formado na formação e pelo menos um sensor na superfície.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o um ou mais sensores incluem pelo menos três sensores espaçados, e em que o processamento dos sinais inclui aplicar uma técnica de triangulação para determinar um local associado com a explosão dos elementos nanoexplosivos.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que o um ou mais sensores incluem pelo menos três sensores espaçados e em que o processamento dos sinais inclui aplicar uma técnica de triangulação para determinar um local dos elementos nanoexplosivos após os elementos nanoexplosivos explodirem.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, em que os elementos nanoexplosivos são elementos nanoexplosivos ativos e em que o método compreende ainda explodir os elementos nanoexplosivos por um de: (i) uma fonte de frequência de rádio; e (ii) uma fonte magnética.

9. Método de estimar uma propriedade de uma formação, compreendendo:

perfurar um poço usando um fluido de perfuração;
determinar uma condição de uma invasão do fluido de perfuração dentro da formação;
suprir os elementos nanoexplosivos ao fluido de perfuração;
detectar os sinais acústicos gerados pela explosão dos elementos explosivos na formação por um ou mais sensores; e
processar os sinais detectados por um processador para determinar o local de uma zona associado com a invasão do fluido de perfuração dentro da formação.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, em que os elementos nanoexplosivos são elementos ativos, o método compreendendo ainda ativar os elementos explosivos por uma fonte de ativação.

11. Aparelho para uso em um poço, compreendendo:
um dispositivo de injeção configurado para injetar elementos nanoexplosivos dentro de uma formação;
um ou mais sensores configurados para detectar os sinais acús-

ticos gerados pela explosão dos elementos nanoexplosivos na formação; e
um processador configurado para processar os sinais de um ou
mais sensores para estimar uma propriedade da formação.

5 12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, em que o dis-
positivo de injeção inclui uma bomba configurada para bombear os elemen-
tos nanoexplosivos a partir de uma fonte dos mesmos dentro da formação.

10 13. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, em que os ele-
mentos nanoexplosivos são elementos ativos e em que o aparelho compre-
ende ainda um dispositivo de atuação para ativar os elementos nanoexplosi-
vos ativos.

15 14. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, em que os ele-
mentos nanoexplosivos compreendem um de: (i) elementos nanoexplosivos
passivos que explodem quando entram em contato com um elemento sele-
cionado; (ii) elementos ativos configurados para serem explodidos por um
controlador remoto; e (iii) elementos nanoexplosivos transportados por nano-
transportadores que migram para dentro da formação.

15 15. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, compreenden-
do ainda:

20 (i) um dispositivo de vedação configurado para isolar uma seção
do poço;

(ii) um dispositivo configurado para remover fluido da seção iso-
lada; e em que

o dispositivo de injeção é configurado para injetar os elementos
nanoexplosivos dentro do espaço isolado.

25 16. Aparelho, de acordo com a reivindicação 11, em que:

(i) o um ou mais sensores incluem pelo menos três sensores es-
paçados;

30 (ii) o processador é configurado para utilizar uma técnica de tri-
angulação para estimar um local da explosão dos elementos nanoexplosivos
na formação.

17. Método, de acordo com a reivindicação 13, em que o dispo-
sitivo de atuação é um de: (i) uma fonte de frequência de rádio; (ii) uma fonte

magnética; (iii) uma fonte acústica; (iv) uma fonte térmica ou de calor.

18. Aparelho para estimar uma propriedade de uma formação, compreendendo:

uma mola de perfuração configurada para perfurar um poço;

5 uma bomba configurada para suprir um fluido de perfuração à mola de perfuração durante a perfuração do poço;

um dispositivo para suprir os elementos nanoexplosivos, em que os elementos explosivos são configurados para migrar para dentro da formação e explodirem;

10 pelo menos um sensor configurado para detectar sinais acústicos gerados pela explosão dos elementos nanoexplosivos na formação; e

um processador configurado para processar os sinais de pelo menos um sensor para estimar a propriedade da formação.

15 19. Aparelho, de acordo com a reivindicação 18, em que os elementos explosivos são elementos ativos, e o aparelho compreende ainda uma fonte para levar os elementos nanoexplosivos a explodirem.

20. Método de fraturar uma formação, compreendendo:

Injetar os elementos nanoexplosivos dentro de uma formação em um local selecionado; e

20 explodir controlavelmente os elementos nanoexplosivos injetados dentro da formação para fraturar a formação.

25 21. Método, de acordo com a reivindicação 20, em que explodir controlavelmente os elementos nanoexplosivos compreende usar uma fonte selecionada de um grupo consistindo em uma fonte acústica; uma fonte de frequência de rádio; uma fonte magnética; e uma fonte térmica.

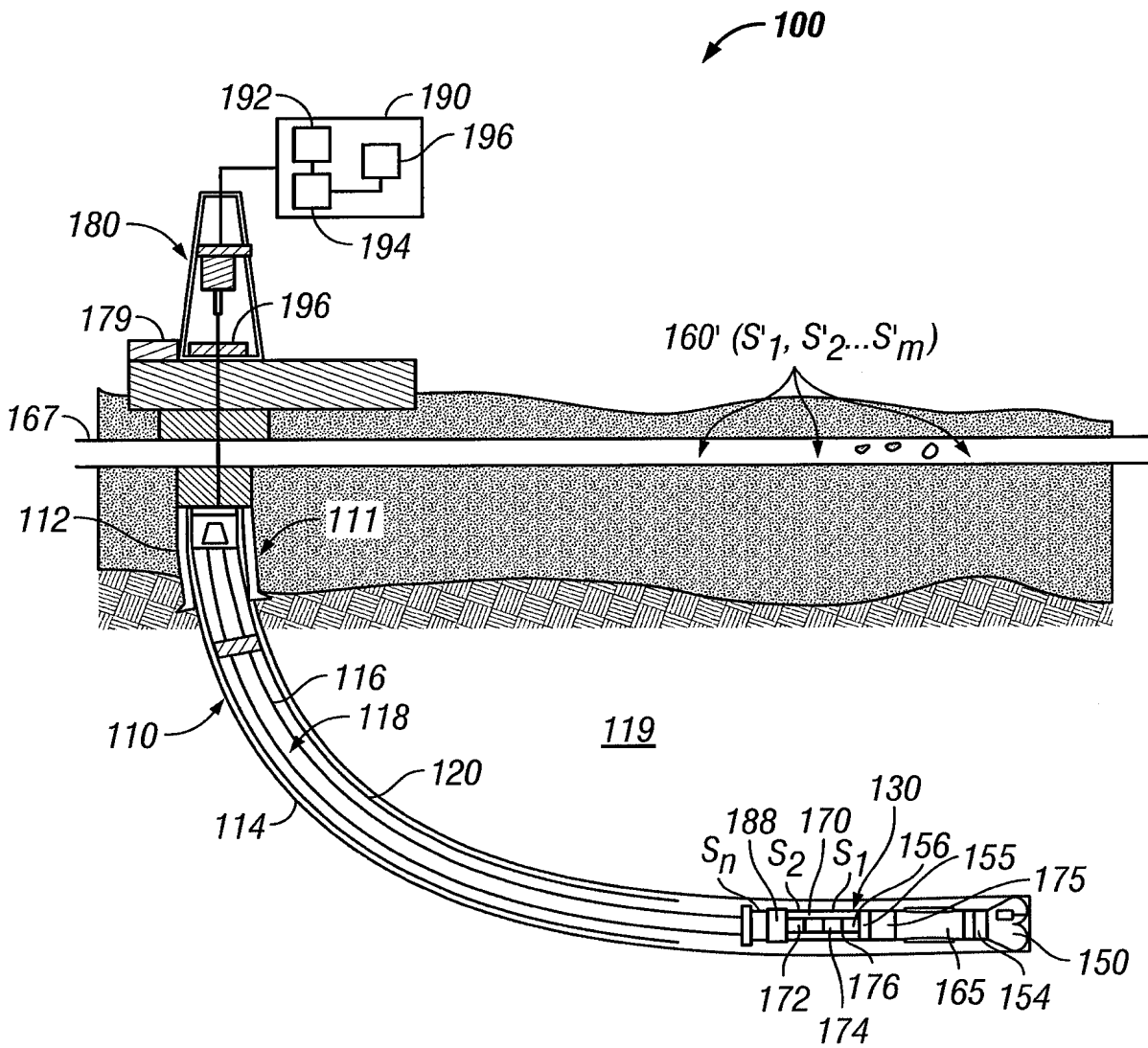


FIG. 1

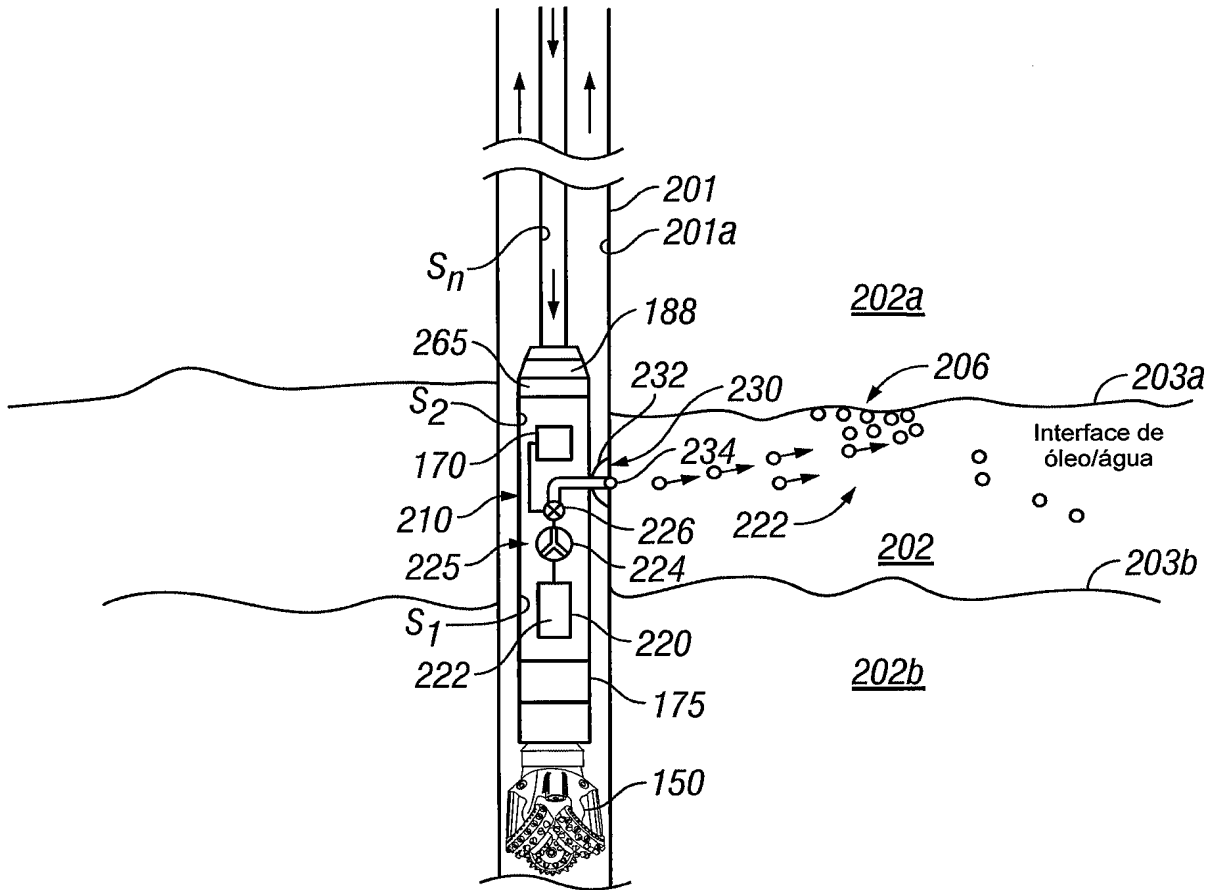


FIG. 2

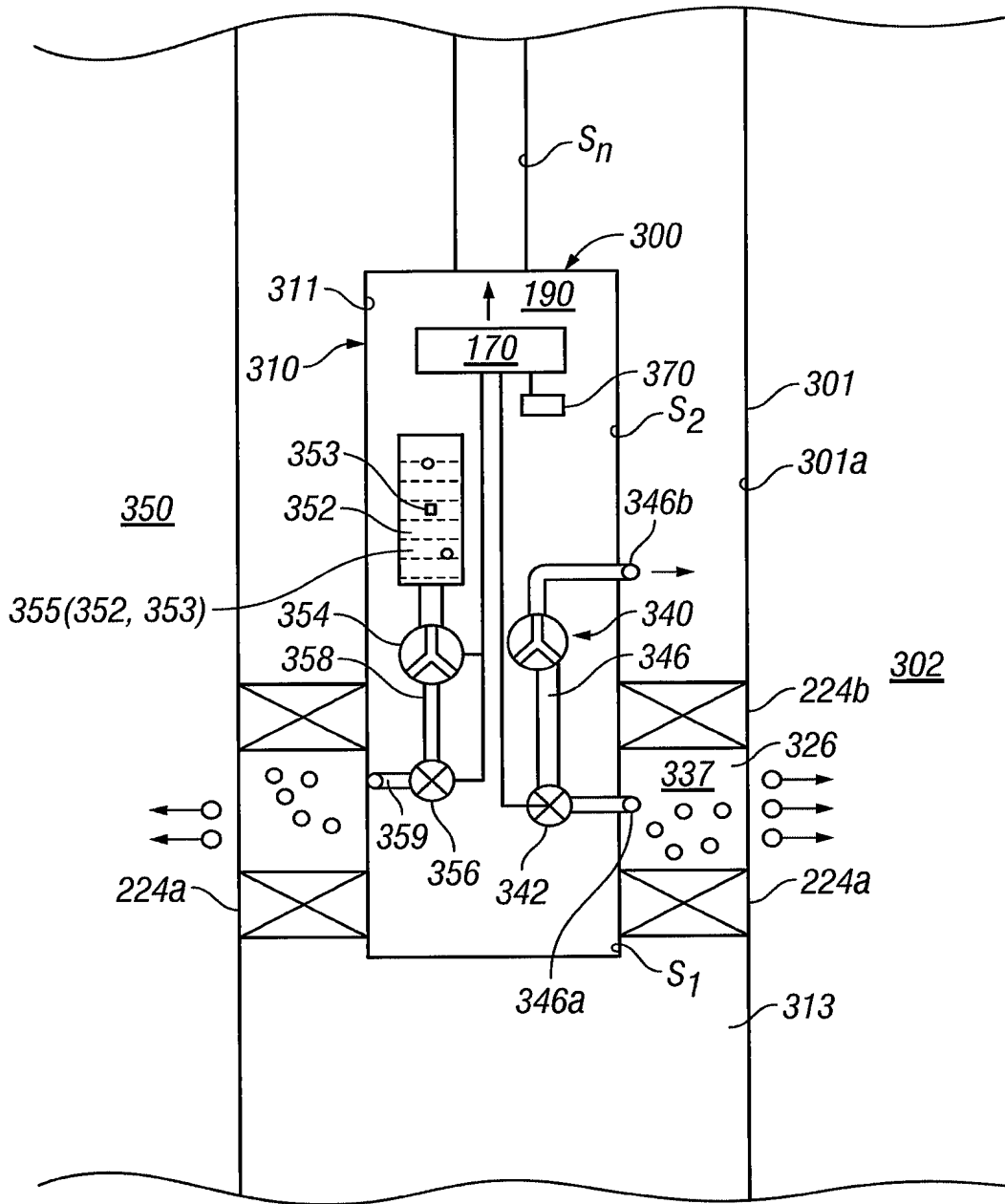


FIG. 3

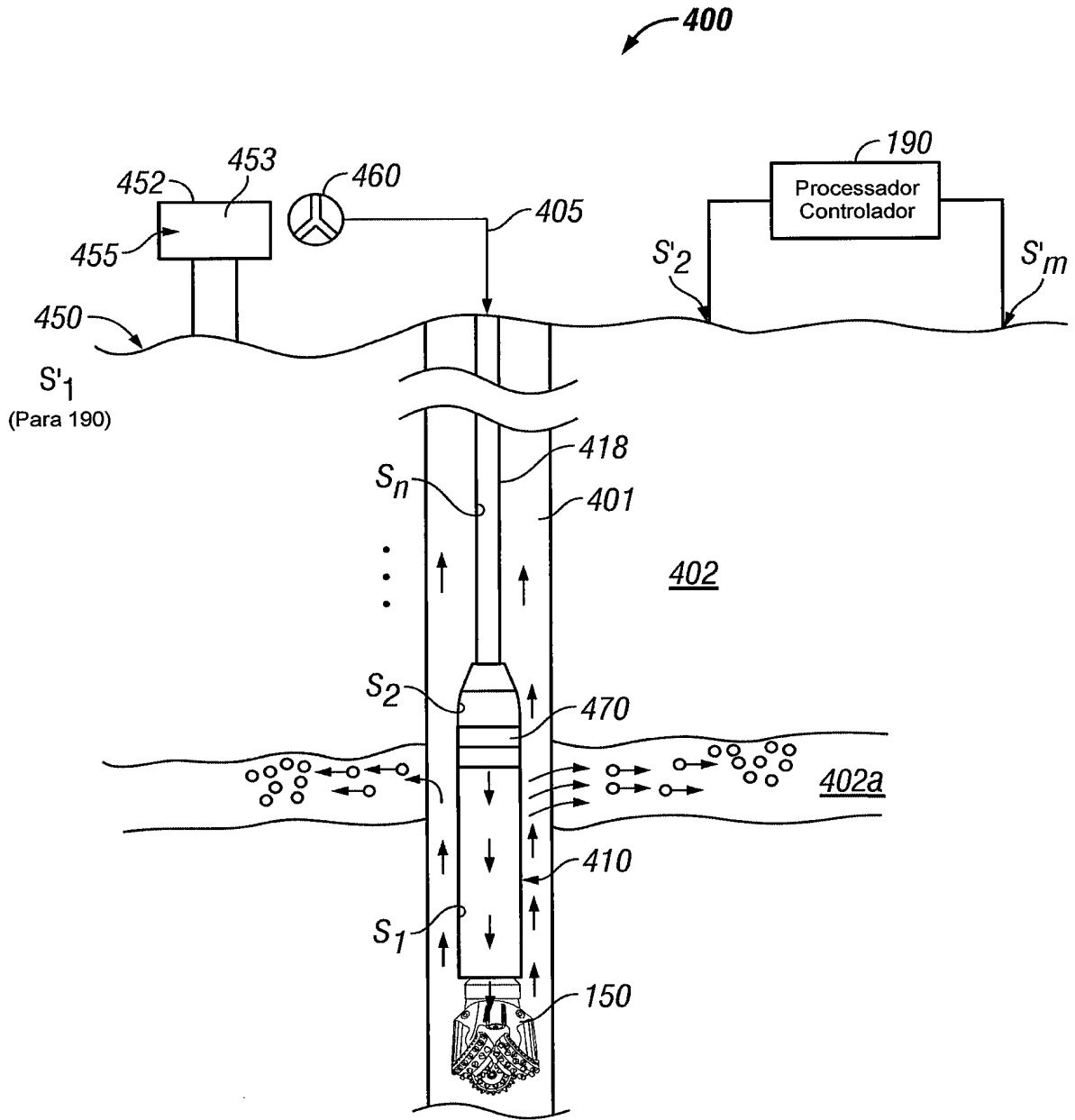


FIG. 4

RESUMO

Patente de Invenção: **"APARELHO E MÉTODO PARA ESTIMAR AS PROPRIEDADES DE FORMAÇÃO USANDO ELEMENTOS NANOEXPLOSIVOS"**.

5 Em um aspecto, um método de estimar uma propriedade de interesse de uma formação é provido, cujo método, em uma modalidade, pode incluir: injetar elementos nanoexplosivos dentro da formação; detectar sinais responsivos à explosão dos elementos nanoexplosivos por um ou mais sensores, e processar os sinais detectados por um processador para estimar a
10 propriedade de interesse da formação.