



**REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL**  
MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
**INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL**

CARTA PATENTE Nº PI 0913352-6

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

**(21) Número do Depósito:** PI 0913352-6

**(22) Data do Depósito:** 21/05/2009

**(43) Data da Publicação Nacional:** 24/11/2015

**(51) Classificação Internacional:** E21B 49/08; G01N 21/27; G01N 21/31.

**(30) Prioridade Unionista:** US 12/133.787 de 05/06/2008.

**(54) Título:** MÉTODO PARA DETECTAR UM REVESTIMENTO EM UM SENSOR DE FLUIDO, E APARELHO PARA DETECTAR UM REVESTIMENTO EM UM SENSOR DE FLUIDO

**(73) Titular:** PRAD RESEARCH AND DEVELOPMENT LIMITED. Endereço: P.O. Box 71, Craigmuir Chambers, Road Town, Tortola, ILHAS VIRGENS (BRITÂNICAS)(VG)

**(72) Inventor:** CHENGLI DONG; PETER S. HEGEMAN.

**(87) Publicação PCT:** WO 2009/148843 de 10/12/2009

**Prazo de Validade:** 10 (dez) anos contados a partir de 19/11/2019, observadas as condições legais

**Expedida em:** 19/11/2019

Assinado digitalmente por:

**Liane Elizabeth Caldeira Lage**

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

**MÉTODO PARA DETECTAR UM REVESTIMENTO EM UM SENSOR DE FLUIDO, E APARELHO PARA DETECTAR UM REVESTIMENTO EM UM SENSOR DE FLUIDO**

FUNDAMENTOS

[0001] Esta divulgação se refere, no geral, à amostra de fluidos de fundo de poço e técnicas de análise e, mais especificamente, a métodos e equipamento para detectar um revestimento sobre uma interface de sensor de fluidos.

[0002] Na exploração e produção de petróleo, é vantajoso tomar amostra de hidrocarbonetos em uma formação para determinar as propriedades físicas e químicas do fluido na formação durante a perfuração de um poço. Identificar estas propriedades é importante para caracterizar a formação e seu(s) fluido(s), determinar métodos de produção e projetar acabamentos de poços e instalações de "topside". Para realizar testes, equipamentos de perfuração podem ser removidos e uma ferramenta de fundo de poço pode ser posicionada no fundo do poço para testar e/ou tomar amostra de um ou mais fluidos de formação em diversas estações ou posições da ferramenta. Tipicamente, os fluidos testados contêm impurezas ou contaminantes tais como, por exemplo, fluidos de perfuração, cascalho, lama, ou diferentes fluidos subterrâneos. Durante a amostragem e medição, impurezas ou contaminantes podem tender a aderir a interfaces do sensor com o fluido amostrado e formar um revestimento de película. Este revestimento pode alterar de forma significativa as características medidas da amostra de fluido. É altamente desejável garantir que estas impurezas sejam detectadas, uma vez que pequenas quantidades de

contaminante podem fazer com que uma análise caracterize a amostra erroneamente.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0003] A FIG. 1 é um diagrama de uma ferramenta analisadora de fluidos de fundo de poço exemplar que pode ser implementada como parte de uma ferramenta de amostragem de fundo de poço.

[0004] A FIG. 2 é uma representação gráfica de uma medição de densidade óptica de uma amostra de fluido por um espectrômetro que tem um revestimento sobre sua janela.

[0005] A FIG. 3 é uma representação gráfica de uma medição de espectros de absorção de uma amostra de fluido por um espectrômetro que tem um revestimento sobre sua janela.

[0006] A FIG. 4 é uma representação gráfica de uma fração de água exemplar e medição da razão de gás/óleo por um espectrômetro que tem um revestimento sobre sua janela.

[0007] A FIG. 5 é um fluxograma que descreve um processo exemplar para detectar um revestimento sobre uma janela de um analisador de fluidos.

[0008] A FIG. 6 é um fluxograma que descreve outro processo exemplar para detectar um revestimento sobre uma janela de um analisador de fluidos.

[0009] As FIGS. 7A e 7B são diagramas que ilustram pseudocódigo para implementar um processo exemplar para detectar um revestimento sobre uma janela de um analisador de fluidos.

[00010] A FIG. 8 ilustra um sistema de local de poço no qual os métodos e equipamento exemplares podem ser implementados.

[00011] A FIG. 9 é um diagrama simplificado de um dispositivo de perfilagem de amostragem durante a perfuração.

[00012] A FIG. 10 é um diagrama simplificado de um dispositivo de testes de formação com cabos de aço.

[00013] A FIG. 11 é um diagrama de blocos de uma unidade de processamento exemplar que pode ser usada para implementar os métodos e equipamento exemplares aqui descritos.

#### RESUMO

[00014] Em conformidade com um exemplo divulgado, um método para detectar um revestimento sobre um sensor de fluidos inclui a determinação de um tipo de amostra de fluido, e realização, através do sensor de fluidos, de pelo menos uma medição de amostra de fluido. Uma determinação sobre se a medição de amostra de fluido é indicativa de um revestimento de película sobre uma interface de sensor de fluido com o fluido amostrado é baseada na determinação do tipo de amostra de fluido.

[00015] Em conformidade com outro exemplo divulgado, um método para detectar um revestimento sobre uma janela de um analisador de fluido inclui medição de um parâmetro de densidade óptica de uma amostra de fluido, um parâmetro de absorção de cor da amostra de fluido para cada pluralidade de canais de cor e razão de gás/óleo da amostra de fluido. Uma determinação sobre se há um revestimento sobre a janela do analisador de fluidos é baseada em dois ou mais do parâmetro de densidade óptica, parâmetros de absorção de cor, e a razão de gás/óleo da amostra de fluido.

[00016] Ainda em conformidade com outro exemplo

divulgado, um equipamento para detectar um revestimento sobre um sensor de fluido compreende um sensor de fluido para medir pelo menos um parâmetro de amostra de fluido e uma unidade de processamento. A unidade de processamento determina um tipo de amostra de fluido, e se pelo menos um parâmetro de amostra de fluido é indicativo de um revestimento de película sobre uma interface de sensor de fluido com o fluido amostrado baseado na determinação do tipo da amostra de fluido.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

[00017] Na seguinte descrição detalhada, é feita referência aos desenhos em anexo, que formam uma parte deste documento, e nos quais são mostrados através de ilustração exemplos específicos por meio dos quais a invenção por ser praticada. Deve ser entendido que outros exemplos podem ser utilizados e mudanças estruturais podem ser feitas sem fugir do escopo da invenção.

[00018] Certos exemplos são mostrados nas figuras identificadas acima e descritas em detalhes abaixo. Na descrição destes exemplos, são usados números de referências semelhantes ou iguais para identificar elementos comuns ou semelhantes. As figuras não são necessariamente para dimensionar e certas figuras e certos ângulos das figuras podem ser mostrados de forma exagerada em escala ou esquema para evidência e/ou concisão.

[00019] Os métodos e equipamento exemplares aqui descritos podem ser usados para detectar um revestimento em um sensor de fluido de fundo de poço, por exemplo, sobre uma janela de um espectrômetro óptico de fluidos. Um revestimento nos exemplos descritos se refere a uma

película sólida, película líquida ou outro tipo de revestimento causado por fluidos, partículas de fundo de poço, ou outras impurezas ou contaminantes sobre uma interface de sensor com o fluido amostrado. Pode-se detectar um revestimento através da determinação de um tipo de fluido amostrado (por exemplo, gás, água, óleo etc.) e medição de pelo menos um de uma variedade de parâmetros usando um ou mais sensores de fluido de fundo de poço (por exemplo, um espectrômetro óptico, um sensor de densidade/viscosidade e/ou um sensor de reflexão/fluorescência). A detecção de revestimento ainda inclui determinar se os parâmetros medidos estão dentro das variações correspondentes ao tipo de fluido determinado. Um ou mais parâmetros medidos que fiquem fora das variações indicam uma alta probabilidade de um sensor revestido. Além disso, ou como alternativa, valores de parâmetros medidos que permanecem substancialmente estáveis durante o bombeamento de fluido amostrado, ou não-responsivos ao bombeamento de fluido amostrado também indicam probabilidade de um sensor revestido.

[00020] A FIG. 1 descreve um diagrama de blocos de um analisador de fluidos de fundo de poço exemplar (DFA) 400 que pode ser implementado, por exemplo, como parte de um cabo de aço e/ou uma ferramenta de amostragem de formação durante a perfuração. No exemplo ilustrado, o DFA 400 pode ficar, de forma seletiva, em comunicação de fluido com uma formação geológica de fundo de poço. Sob a ação de uma bomba disposta na ferramenta de amostragem, o fluido de amostra 441 extraído da formação pode escoar para o analisador 400 através de um caminho de escoamento ou linha

de escoamento 440, por exemplo, para baixo.

[00021] O DFA 400 é fornecido com um espectrômetro 420 para medir, por exemplo, uma densidade óptica (OD), uma absorção de cor, uma fração de água, e/ou uma razão de gás/óleo (GOR). Por exemplo, o espectrômetro 420 pode incluir uma ou mais fontes de luz 423 configuradas para fornecer fótons tendo energias correspondente a uma faixa de comprimento de onda específica e detectores ópticos tais como um espectrômetro de conjunto de filtros 421 e um espectrômetro de rede de difração óptico 422 para determinar a intensidade das fontes de luz nos diversos comprimentos de onda, bem como a intensidade da luz transmitida através de amostras de fluidos nestes comprimentos de onda. Um espectrômetro que pode ser usado para implementar o espectrômetro exemplar 420 para medir as densidades ópticas de amostras de fluido de formação em uma pluralidade de comprimentos de onda é descrito na Publicação de Patente norte americana U.S. Nº 2007/0171412, para Vannuffelen, et al. O espectrômetro 420 pode gerar diversos canais de dados, inclusive canais de dados de espectrômetro de rede de difração e canais de dados de espectrômetro de conjunto de filtros, correspondentes aos valores das densidades ópticas medidas em cada pluralidade de comprimentos de onda. A linha de escoamento 440 dentro do espectrômetro exemplar 420 é fornecida com uma ou mais janelas 432, 436 através das quais a luz pode entrar e sair de uma amostra de fluido na linha de escoamento 440. Especificamente, uma ou mais fontes de luz 423 transmitem luz através da janela para a amostra de fluido usando um ou mais cominhos de luz que atravessam uma interface entre a

janela e o fluido na linha de escoamento 440. Dependendo das características da amostra de fluido, a energia da luz em certos comprimentos de onda de luz será absorvida mais rapidamente pela amostra de fluido do que em outros comprimentos de onda de luz. A luz que é transmitida através da amostra de fluido é medida pelo espectrômetro 420, e as medições podem ser usadas para determinar as características e/ou composição da amostra de fluido.

[00022] O espectrômetro 420 é alinhado com um sensor de reflexão/fluorescência 424. Especificamente, o sensor de reflexão/fluorescência 424 inclui uma fonte de luz 425 que emite um feixe de luz e uma pluralidade de detectores de luz 426 para medir, por exemplo, uma fluorescência, e/ou uma reflexão de amostras de fluidos de formação. O sensor de reflexão/fluorescência 424 também dispõe de uma janela 430 semelhante às janelas 432 e 436 do espectrômetro 420. O espectrômetro 420 ainda é alinhado com um sensor de pressão e temperatura 414, um sensor de resistividade 412, e um sensor de densidade e viscosidade 410.

[00023] Embora os componentes da FIG. 1 sejam mostrados e descritos acima como sendo comunicativamente acoplados e dispostos em uma configuração específica, pessoas versadas na técnica avaliarão se os componentes da ferramenta DFA 400 podem ser comunicativamente acoplados e/ou dispostos de forma diversa da descrita em FIG 1. sem fugir do escopo da presente divulgação. Além disso, em outras implementações exemplares nas quais medições com exceção ou além das medições implementadas, conforme mostrado na FIG. 1, são usadas, o DFA 400 pode, por exemplo, ser suplementado com outros tipos de sensores

adequados inclusive, por exemplo, sensores NMR, sensores de capacitância, etc.

[00024] Para fins de brevidade e clareza, os seguintes exemplos se referem à janela do espectrômetro 420. No entanto, os exemplos são igualmente relevantes para a janela do sensor de reflexão/fluorescência 424, o sensor de resistividade 412, o sensor de densidade/viscosidade 410, ou outros sensores que possam ser implementados no DFA 400. Antes ou durante a amostragem e medição, uma ou ambas as janelas 432, 436 do espectrômetro 420 podem ser expostas a materiais (por exemplo, lama de perfuração, água, óleo) que tendem a aderir à janela. Um contaminante exemplar são as lamas de perfuração baseadas em óleo usadas na perfuração moderna, que são miscíveis com fluidos de formação de hidrocarbonetos. Visto que as amostras são coletadas da formação, a lama de perfuração pode se misturar com as amostras e contaminá-las. Ao longo do tempo, a quantidade de lama de perfuração na amostra de fluido é reduzida, mas as concentrações altas iniciais de lama de perfuração podem deixar um revestimento 433, 437 sobre as janelas 432 e 436, respectivamente, do espectrômetro 420. Outro contaminante exemplar, um óleo de peso médio frequentemente encontrado em fluido de formação, forma um revestimento sobre a janela do espectrômetro 420. Este revestimento pode, de forma significativa, alterar as características medidas da amostra de fluido. Por exemplo, gás natural na linha de escoamento 440 pode ser caracterizado erroneamente, ou o espectrômetro 420 pode ser incapaz de determinar de modo preciso quando uma amostra de fluido aceitável foi obtida. A detecção de um revestimento sobre uma janela do

espectrômetro 420 é, portanto, benéfica para a obtenção de medições de amostras de fluido aceitáveis.

[00025] Conforme descrito em mais detalhes abaixo, para detectar um revestimento sobre a janela do espectrômetro 420, o espectrômetro 420 pode medir a amostra de fluido para pelo menos um de uma série de parâmetros. Os parâmetros exemplares que podem ser medidos pelo espectrômetro 420 incluem uma densidade óptica da amostra de fluido, absorção de cor para cada um de diversos canais de cor, uma fração de água da amostra de fluido, uma razão de gás/óleo (GOR) da amostra de fluido, ou um parâmetro de dispersão. Especificamente, as FIGS. 2, 3 e 4 ilustram representações gráficas exemplares de parâmetros que podem ser medidos pelo espectrômetro 420 quando um gás é extraído de uma formação subterrânea e quando uma ou ambas as janelas 432, 436 são revestidas com uma película de óleo e/ou água que não é representativa do gás amostrado. Embora estas representações gráficas exemplares se refiram à amostragem de gás e parâmetros medidos através do espectrômetro 420, deve ser apreciado que o escopo da presente divulgação não é limitado à amostragem de gás e/ou parâmetros medidos por um espectrômetro.

[00026] A FIG. 2 é uma representação gráfica de uma medição de densidade óptica exemplar de uma amostra de fluido por um espectrômetro que tem um revestimento sobre sua janela. A densidade óptica é uma medida sem unidades de transmitância de luz conforme descrito pela equação 1:

$$OD = -\log \frac{I}{I_0} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde  $I$  é a luz transmitida e  $I_0$  é a luz incidente no espectrômetro. Uma densidade óptica de zero indica que nenhuma luz é absorvida (isto é, 100% é transmitida), uma densidade óptica de 1,0 indica que 10% de luz é transmitido através da amostra, uma densidade óptica de 2,0 indica que 1% de luz é transmitido através da amostra, etc. O gráfico exemplar mostra um volume bombeado total 502 e diversas medições de densidade óptica 504 para canais de filtro correspondentes ao longo do tempo. Nas medições exemplares, a linha de escoamento contém gás natural, que tem uma densidade óptica relativamente baixa. Tipicamente, uma densidade óptica alta (por exemplo, de dispersão de partículas) varia significativamente com bombeamento, e as variações de densidade óptica são sincronizadas com cursos de bombas (isto é, aumentam conforme a bomba desloca fluido através da linha de escoamento). No entanto, quando a janela do espectrômetro é revestida, o espectrômetro pode medir uma densidade óptica alta ao longo de todos ou quase todos os canais, e a densidade óptica é substancialmente não-responsiva (por exemplo, relativa invariável) ao bombeamento do fluido através da linha de escoamento.

[00027] A FIG. 3 é uma representação gráfica de uma medição de espectros de absorção exemplar de uma amostra de gás (por exemplo, GOR > 100.000 pés cúbicos por barril de tanque de estoque (scf/stb)) por um espectrômetro que tem um revestimento sobre sua janela. Um espectro de cor nos exemplos descritos se refere à porção de um espectro medido na faixa visível, por exemplo, comprimento de onda abaixo de 1.000 nm (nanômetro). Conforme mencionado acima, uma vez que o gás natural tem pouca ou nenhuma cor, as medições de

absorção de cor de gás natural são, tipicamente, muito baixas quando a janela do espectrômetro não tem nenhum revestimento. No entanto, conforme mostrado na FIG. 3, a densidade óptica para cada canal de cor é relativamente alta. Além disso, o padrão de absorção de cor a partir das medições é semelhante a um padrão de absorção de cor para um óleo de peso médio. Isto é, para uma região de comprimento de onda de absorção de cor selecionada, a absorção de cor ou densidade óptica nos canais de comprimento de onda mais curtos é maior do que a absorção de cor ou densidade óptica nos canais de comprimento de onda mais longos (por exemplo, a densidade óptica diminui exponencialmente com o comprimento de onda). A medição padrão do tipo óleo de peso médio para uma amostra de gás pode indicar uma janela revestida. Deve ser reconhecido que diversas substâncias ou materiais podem apresentar diferentes padrões de absorção de cor, e método de detecção destas substâncias ou materiais podem ser modificados para levar em consideração as características de tais materiais ou substâncias.

[00028] A FIG. 4 é uma representação gráfica de uma medição de fração de água exemplar e uma medição de GOR de uma amostra de gás. A fração de água é uma razão de volume de água em uma amostra para o volume total da amostra. O gráfico exemplar mostra a GOR medida 702, a fração de água medida 704, e o fluido total bombeado 706 ao longo do tempo. Uma amostra de gás típica não pode transportar uma fração estável de grandes quantidades de água durante o bombeamento, exceto para uma pequena quantidade de água vaporizada. Uma amostra de gás típica, na ausência de

revestimento de janela, seria esperada a ter no máximo uma pequena fração de água, tal como 0,01 ou menos. Se um revestimento de janela contém água, o revestimento pode mostrar uma fração de água estável que é muito maior do que a fração de água típica para um gás.

[00029] As observações descobertas pelos inventores da presente divulgação e ilustradas nas FIGS. 2, 3 e 4 podem ser usadas para auxiliar na detecção de um revestimento sobre a janela do espectrômetro 420, conforme mais detalhado abaixo na descrição das FIGS. 5, 6 7A e 7B. Embora os métodos e implementações exemplares nas FIGS 5, 6, 7A e 7B se refiram à amostragem de gás e utilização de parâmetros medidos através do espectrômetro 420, deve ser apreciado que o escopo da presente divulgação não se limita à amostragem de gás e/ou parâmetros medidos por um espectrômetro óptico.

[00030] A FIG. 5 é um fluxograma que descreve um processo exemplar 800 para detectar um revestimento sobre a janela de analisador de fluidos. O processo 800 pode ser implementado usando, por exemplo, o analisador de fluidos de fundo de poço 400 da FIG. 1.

O processo exemplar 800 começa pela medição de um parâmetro de densidade óptica de uma amostra de fluido (bloco 802). A amostra de fluido pode ser localizada na linha de escoamento 440 passando pelo espectrômetro 420. A densidade óptica medida por ser o produto de dispersão de partículas à medida que luz penetra na amostra de fluido e é medida pelo espectrômetro 420.

[00031] O processo 800 em seguida mede um parâmetro de absorção de cor da amostra de fluido usando o espectrômetro

420 (bloco 804). O parâmetro de absorção de cor inclui diversas medições para medir absorção de cor em vários canais de cor. Cada canal de cor corresponde a um comprimento de onda de luz específico ou uma faixa de comprimentos de onda de luz, e a medição de cada canal de cor inclui a determinação de uma densidade óptica da amostra de fluido para cada canal de cor. Os parâmetros de absorção de cor medidos para os canais podem ser usados em conjunto para determinar um padrão, ou os parâmetros podem ser processados para determinar um ou mais parâmetros de absorção de cor.

[00032] O processo 800 prossegue medindo um parâmetro de GOR da amostra de fluido no espectrômetro 420 (bloco 806). O parâmetro de GOR pode ser usado para determinar se a amostra de fluido é um líquido ou um gás. No entanto, deve ser reconhecido que métodos alternativos podem ser usados para determinar se a amostra de fluido tem um tipo de fluido. Os métodos alternativos incluem, entre outros, conhecimento anterior de um poço de compensação, medições de gradiente de pressão, ou compressibilidade de amostra de fluido conforme indicado durante o bombeamento, etc.

[00033] Quando os parâmetros da amostra de fluido tiverem sido medidos pelo espectrômetro 420, o processo 800 (por exemplo, através de uma unidade de processamento) determina se há um revestimento sobre a janela do espectrômetro 420 testando os parâmetros. A unidade de processamento primeiro determina se o parâmetro de GOR indica que a amostra de fluido é um gás (bloco 808). Por exemplo, se a GOR for maior do que o limiar pré-determinado, a amostra de fluido é um gás. Se a amostra de

fluido é um gás, a unidade de processamento determina se o parâmetro de densidade óptica medido está dentro de uma faixa pré-determinada para indicar um revestimento sobre a janela do espectrômetro 420 (bloco 810). Por exemplo, a unidade de processamento pode determinar se a densidade óptica é indicativa de um revestimento se a densidade óptica da amostra de fluido for maior do que a densidade óptica para um gás típico. Se o parâmetro de densidade óptica for indicativo de um revestimento, a unidade de processamento prossegue determinando se os parâmetros de absorção de cor são indicativos de um revestimento (bloco 812). A unidade de processamento pode determinar que os parâmetros de absorção de cor são indicativos de um revestimento se os parâmetros de absorção de cor exibirem uma padrão semelhante a uma substância conhecida (por exemplo, água, óleo bruto), ou se os parâmetros de absorção de cor tiverem densidades ópticas relativamente altas para cada canal de cor.

[00034] Se a unidade de processamento determina que a amostra de fluido é um gás, e que os parâmetros de densidade óptica e absorção de cor são indicativos de um revestimento, então a unidade de processamento determina que há um revestimento sobre a janela da ferramenta analisadores de fluidos 400 (bloco 814). Uma vez que a amostra de fluido é um gás e valores altos de densidade óptica e absorção de cor não são típicos de um gás, os valores altos são contraditórios à presença de gás na linha de escoamento conforme indicado por uma GOR alta medida no bloco 808. Em outras palavras, valores de medição contraditórios podem ser usados pela unidade de

processamento para determinar que a janela é revestida.

[00035] Se em qualquer um dos blocos 810, e/ou 812, uma parâmetro medido é determinado como não indicativo de uma janela revestida, a unidade de processamento determina que não há revestimento sobre a janela do analisador de fluidos 400 (bloco 816).

[00036] A FIG. 6 é um fluxograma que descreve outro processo exemplar 900 para detectar um revestimento sobre a janela do analisador de fluidos 400. O processo 900 determina se amostra de fluido é um gás, e mede pelo menos um de diversos parâmetros possíveis para determina se há um revestimento sobre a janela. O processo exemplar 900 começa medindo a GOR da amostra de fluido (por exemplo, através do espectrômetro 420) no bloco 902. O processo 900 prossegue medindo um de diversos parâmetros, tais como densidade óptica, absorção de cor, dispersão, ou fração de água (bloco 904). Um parâmetro de dispersão nos exemplos descritos se refere a uma absorção de luz (por exemplo, uma densidade óptica grande) em um comprimento de onda ou em uma região de comprimento de onda na qual os fluidos encontrados no fundo do poço têm geralmente uma absorção baixa. Desta forma, um parâmetro de dispersão pode ser indicativo da presença de uma película sólida ou partículas finas tendo revestido uma ou mais janelas do espectrômetro 420. Um comprimento de onda ou região de comprimento de onda exemplar nos quais os fluidos encontrados no fundo do poço têm geralmente uma absorção baixa de cerca de 1600 nm (nanômetros). O processo 900 em seguida determinar se há um parâmetro adicional que possa ser medido e que possa fornecer outra indicação sobre se há um revestimento na

janela do analisador de fluidos 400 (bloco 906). Se houver outro parâmetro para ser medido, o controle retorna ao bloco 904 para medir o parâmetro. O processo 900 pode continuar a medir parâmetros usando o circuito dos blocos 904 e 906 até todos os parâmetros desejados ou disponíveis terem sido medidos.

[00037] Quando não houver nenhum parâmetro restante a ser medido (bloco 906), o processo 900 determina se a amostra de fluido é um gás baseado em se a razão de gás/óleo é maior do que o limiar pré-determinado (bloco 908). Deve ser observado que os blocos 902 e 908 podem ser modificados para acomodar métodos adicionais ou alternativos para determinar se a amostra de fluido é um gás. Se o processo 900 determina que a amostra de fluido é um gás (bloco 908), um parâmetro medido é selecionado a partir dos parâmetros medidos (bloco 910). O processo 900 em seguida determina se o parâmetro medido selecionado é indicativo de uma janela revestida (bloco 912). Por exemplo, o processo 900 pode determinar que um parâmetro de densidade óptica está dentro de uma faixa para indicar que a janela é revestida conforme descrito acima. Se o parâmetro medido selecionado não for indicativo de uma janela revestida (bloco 912), o processo 900 determina se há um parâmetro medido adicional (bloco 914). Se houver um parâmetro medido adicional, o controle retorna ao bloco 910 para selecionar o próximo parâmetro medido (isto é, um parâmetro medido que não tenha sido selecionado anteriormente).

[00038] Se a GOR for maior do que o limiar (isto é, a amostra de fluido for um gás) e qualquer dos parâmetros

medidos indicar uma janela revestida, o processo exemplar 900 determina que há um revestimento sobre a janela do analisador de fluidos 400 (bloco 916). No entanto, se o processo 900 determina no bloco 908 que a amostra de fluido não é um gás ou determina no bloco 914 que não há parâmetros medidos restantes, o processo 900 determina que não há um revestimento sobre a janela do analisador de fluidos 400 (bloco 918). Para o processo exemplar 900 determinar que não há parâmetros medidos restantes (bloco 914), todos os parâmetros medidos selecionados devem ser determinados pelo processo 900 como não indicativos de uma janela revestida. Caso contrário, o processo 900 determinará no bloco 912 que um dos parâmetros medidos é indicativo de uma janela revestida e, portanto, determinará no bloco 916 que a janela é revestida.

[00039] No entanto, o processo exemplar 900 pode ser modificado para permitir que uma série de parâmetros medidos sejam indicativos de uma janela revestida e ainda determinar que a janela não é revestida. Ademais, o processo exemplar 9000 pode, além disso, ou como alternativa, ser modificado para exigir e/ou rejeitar um ou mais dos parâmetros exemplares ou outros parâmetros.

[00040] As FIGS. 7A e 7B são diagramas que ilustram pseudocódigo para implementar um processo exemplar 1.000 para detectar um revestimento sobre uma janela de um analisador de fluidos. O pseudocódigo exemplar pode ser implementado usando qualquer linguagem de programação para fazer com que uma unidade de processamento realize um processo para detectar o revestimento. Uma tabela de sinais 1001 define os sinais de entrada e saída usados pelo

pseudocódigo exemplar. Um sinal exemplar definido na tabela de sinais 1001 é o sinal FSOD[450], que é uma medição de densidade óptica a partir de um canal de espectrômetro de conjunto de filtros (FS) a um comprimento de onda de 450 nanômetros (nm) em um analisador de fluidos *in situ* (IFA). Outro sinal exemplar é o sinal GSOD[1603], que é uma medição de densidade óptica a partir de um canal de espectrômetro de rede de difração (GS) a um comprimento de onda de 1603 nm. Os sinais de entrada podem ser recebidos de um espectrômetro (por exemplo, o espectrômetro 420 da FIG. 2), e o sinal de saída pode ser usado para iniciar um processo para remover um revestimento da janela do espectrômetro 420.

[00041] O processo 1.000 pode em seguida verificar se qualquer um dos parâmetros não foi medido pelo espectrômetro (por exemplo, o espectrômetro 420 da FIG. 1) em 1014. O processo 1.000 pode tolerar que um ou mais parâmetros (por exemplo, a fração de água WATF) não sejam medidos. Desta forma, o pseudocódigo pode ser modificado para tolerar medições ausentes dependendo da aplicação.

[00042] O pseudocódigo começa definindo parâmetros pré-determinados e/ou variações para a densidade óptica 1002, fração de água 1004, GOR 1006, absorção de cor 1008, e dispersão 1010. Estas variações são usadas pelo processo 1.000 para determinar se os parâmetros medidos são indicativos de uma janela revestida. Embora certos parâmetros sejam mostrados no pseudocódigo exemplar, deve ser reconhecido que os parâmetros podem ser adicionados, subtraídos, ou alterados para acomodar tipos de fluido, técnicas de perfuração específicas, ou qualquer outra

variável que possa afetar as variações dos parâmetros medidos. Em seguida, variáveis locais são estabelecidas em 1012 para definir marcadores de posição para valores calculados e decisões.

[00043] Em seguida, o processo 1.000 determina um parâmetro de dispersão (1016) determinando se o canal de medição FSOD[1600] e o canal de medição GSOD[1603] estão ambos dentro da faixa de dispersão (por exemplo, 0.2 e 3). Se os valores de medição para ambos os canais estiverem dentro da faixa, o processo 1.000 determina que há dispersão alta na amostra de fluido e armazena a decisão em uma variável. Caso contrário, o processo 1.000 determina que não há dispersão alta e armazena a decisão em uma variável. Conforme divulgado anteriormente, a dispersão alta pode ser indicativa da janela do espectrômetro por uma película de lama seca, partículas sólidas, etc.

[00044] O processo 1.000 em seguida computa uma faixa de comprimento de onda para selecionar os parâmetros de absorção de cor baseados no parâmetro de GOR em 1018. Se a GOR for muito alta (por exemplo, maior que 6000 scf/stb), o processo 1.000 um valor máximo de GOR para computar a faixa de absorção de cor. Da mesma forma, se a GOR for muito baixa (por exemplo, menor que 4000 scf/stb), o processo 1.000 usa um valor mínimo de GOR para computar a faixa de absorção de cor. No entanto, se a GOR medida estiver dentro dos valores máximo e mínimo de GOR, a GOR medida é usada para computar a faixa de absorção de cor.

[00045] A faixa de absorção de cor é em seguida usada para determinar se a absorção de cor da amostra de fluido é indicativa de uma janela revestida (1020). O processo

exemplar 1.000 testa, para cada canal FSOD[570], FSOD[680], FSOD[815], e FSOD[1070], se a densidade óptica para o canal é maior do que o limiar pré-determinado, ou se a densidade óptica para o canal seguinte (por exemplo, FSOD[680] para FSOD[570], etc.) é menor do que a densidade óptica do canal FSOD[450]de menor comprimento. A primeira condição testa se a densidade óptica para um canal é muito alta para indicar um gás. A segunda condição teste se a absorção de cor segue um padrão indicativo de, por exemplo, outro fluido que possa ser localizado na formação do fluido.

[00046] Se pelo menos uma das condições for verdadeira para cada canal testado, em seguida o processo 1.000 calcula um parâmetro de absorção de cor a partir dos canais FSOD medidos. Caso contrário, o processo ajusta o parâmetro de absorção de cor a um valor que não é indicativo de um revestimento sobre a janela do espectrômetro 420.

[00047] Em seguida, o processo exemplar 1.000 compara o parâmetro de absorção de cor a uma faixa de absorção de cor calculada (1022). Se o parâmetro de absorção de cor estiver for a da faixa de absorção de cor, o processo 1.000 determina que a absorção de cor é indicativa de um revestimento sobre a janela, e armazena a decisão em uma variável. Caso contrário, o processo 1.000 determina que a absorção de cor não é indicativa de um revestimento, e armazena esta decisão em uma variável.

[00048] Quando todos os indicadores tiverem sido determinados, o processo 1.000 determina se há um revestimento sobre a janela baseado em se os parâmetros descritos acima são indicativos de um revestimento. O processo 1.000 examina a GOR para determinar se o fluido

amostrado é um gás. Neste caso, o processo 1.000 determina se o parâmetro de dispersão do parâmetro de cor é contraditório com a presença de gás na linha de escoamento e, portanto, indicativo de uma janela revestida. Além disso, a fração de água, se medida, também é incluída no processo. Uma película de água pode ser detectada através de uma fração de água medida, medida abaixo de um limiar pré-determinado. De fato, um revestimento de película de água geralmente se transforma em uma baixa fração de água, porque a espessura da película é pequena. Frações de água maiores geralmente são indicativas de água no fluido amostrado e não são indicativas de um revestimento de janela.

[00049] Especificamente, se o processo 1.000 determina que a GOR é muito baixa, que há dispersão alta, que o parâmetro de absorção de cor é indicativo de um revestimento, e que o parâmetro de fração de água não é muito alto, há um revestimento sobre a janela do espectrômetro 420. O processo 1.000 pode determinar que o parâmetro de fração de água não é muito alto se a fração de água não for medida (isto é, é um valor ausente) ou se o parâmetro de fração de água estiver dentro de uma faixa pré-determinada. Se o processo 1.000 determina que há um revestimento sobre a janela, a decisão é armazenada em uma variável (por exemplo, JANELA\_REVESTIMENTO). Esta variável pode ser usada por outro processo para, por exemplo, iniciar um processo para remover o revestimento. Um processo específico que pode ser usado para remover um revestimento sobre a janela é descrito na Publicação de Patente U.S. 2008/0093078, que é incorporada aqui

integralmente.

[00050] Em contrapartida, o processo exemplar 1.000 determina que não há nenhum revestimento se os parâmetros não forem indicativos de um revestimento. Deve ser observado que os critérios de determinação podem ser modificados dependendo da aplicação. Por exemplo, o processo 1.000 pode ser modificado para ser mais sensível a um revestimento não exigindo que todos os parâmetros calculados no processo exemplar 1.000 sejam indicativos do revestimento. Podem ser feitas outras modificações conforme apropriado.

[00051] Embora parâmetros específicos sejam usados nos métodos exemplares 800 e 900 e/ou no processo exemplar 1.000, deve ser reconhecido que outros parâmetros de espectrometria podem ser usados sozinhos ou em combinação para determinar que uma amostra de fluido é um gás. Ademais, deve ser reconhecido que outros parâmetros de espectrometria podem ser usados sozinhos ou em combinação para determinar que uma interface de sensor com o fluido amostrado é revestida, por exemplo, determinando que há medições contraditórias com a presença de gás na linha de escoamento do DFA 400.

[00052] Além disso, diversos sensores e/ou parâmetros podem ser usados para modificar os processos exemplares 800, 900 e 1.000 a fim de detectar um gás na linha de escoamento. Especificamente, métodos alternativos incluem parâmetros de fluido com um ou mais sensores do analisador de fluidos 400, do que o espectrômetro 420 que, em alguns casos, pode ser livre de e/ou menos sensível a revestimento por uma película de contaminante. Por exemplo, pode ser

detectado gás usando a intensidade da luz refletida enquanto medida pelo sensor de reflexão/fluorescência 420, conforme ensinado, por exemplo, na Patente U.S. Nº 5.201.220, ou por valores de densidade baixa e viscosidade baixa enquanto medidos pelo sensor de densidade/viscosidade 410. Como alternativa, os parâmetros medidos pelo espectrômetro 420 podem ser usados para determinar que o fluido amostrado é um gás (por exemplo, uma parâmetro de GOR), e os processos 800, 900 e 1.000 podem ser modificados para determinar que uma ou mais interfaces de sensores, exceto a janela do espectrômetro, são revestidas. Em um exemplo, a GOR alta medida pelo espectrômetro 420 e a alta densidade de fluido (por exemplo, maior que 0,9 g/cc) e/ou uma alta viscosidade de fluido (por exemplo, maior que 1 cP) medidas pelo sensor de densidade/viscosidade 410 podem ser indicativas de que a interface do sensor de densidade/viscosidade 410 é revestida. Em outro exemplo, uma GOR alta medida pelo espectrômetro 420 e a ausência de luz refletida (menos que 7% de intensidade) acima de um ângulo crítico de incidência podem ser indicativas da presença de revestimento sobre a janela 430 do sensor de reflexão/fluorescência 424.

[00053] Ainda, embora os parâmetros específicos dos métodos exemplares 800 e 900 e/ou o processo exemplar 1.000 que são usados para fazer a determinação de que uma amostra de fluido é um gás, deve ser reconhecido que outros parâmetros podem ser usados sozinhos ou em combinação para determinar de forma mais geral um tipo do fluido de amostra (por exemplo, água, óleo, gás). Em outra implementação exemplar, a amostra de água pode ser detectada por um alto

volume de densidade por exemplo, maior do que cerca de 1 g/cc) e um baixo valor de viscosidade (por exemplo, menor do que cerca de 1 cP) conforme medido pelo sensor de densidade/viscosidade 410, e/ou por um valor de resistividade baixo (menor do que cerca de 10 ohm m) conforme medido pelo sensor de resistividade 412. Ainda em outra implementação, a amostra de óleo líquida pode ser detectada por um valor de GOR baixo (por exemplo, menor do que cerca de 4000 scf/stb) medido pelo espectrômetro 420. Nestas implementações, os métodos exemplares 800 e 900 e/ou o processo exemplar 1.000 pode ser modificado para medir um segundo parâmetro de fluido com o DFA 400 e determinar se o valor medido é contraditório com o tipo de fluido amostrado. Um valor contraditório pode, por sua vez, ser indicativo de que a interface do sensor usado para medir o segundo parâmetro de fluido é revestido. Por exemplo, se uma densidade óptica medida em um pico de óleo pelo espectrômetro 420 for maior do que um limiar pré-determinado e/ou for substancialmente não-responsivo (por exemplo, relativo invariável) para bombeamento através de um fluido identificado como água, isto pode indicar que a janela do espectrômetro é revestida com óleo. Em outro exemplo, se um parâmetro de dispersão medido pelo espectrômetro 420 for maior do que um limiar pré-determinado e/ou for substancialmente não-responsivo para bombeamento de um fluido identificado como água, óleo ou gás através da linha de escoamento, isto pode indicar que a janela do espectrômetro é revestida com partículas sólidas.

[00054] A FIG. 8 ilustra um sistema de local de poço no qual os métodos e equipamento exemplares aqui descritos

podem ser implementados. O local de poço pode ser *onshore* ou *offshore*. Neste sistema exemplar, uma perfuração de poço 11 é formado nas formações de subsuperfície através de perfuração rotativa em uma maneira que é bem conhecida. Em outras implementações exemplares, os métodos e equipamento exemplares podem ser implementados em um sistema de perfuração direcional, conforme descrito abaixo.

[00055] Uma coluna de perfuração 12 é suspensa dentro da perfuração de poço 11 e tem um conjunto de mecanismos de fundo de poço 100 que inclui uma broca de perfuração 105 em sua extremidade inferior. O sistema de superfície inclui plataforma e montagem de torre de perfuração 10 posicionada sobre a perfuração de poço 11. A montagem 10 inclui uma mesa giratória 16, um *kelly* 17, um gancho 18 e um *swivel* giratório 19. A coluna de perfuração 12 é girada pela mesa giratória 16, energizada por meios não mostrados, que engajam o *kelly* 17 na extremidade superior da coluna de perfuração 12. A coluna de perfuração 12 é suspensa a partir do gancho 18, ligado a uma catarina (também não mostrada), através do *kelly* 17 e do *swivel* giratório 19, que permite rotação da coluna de perfuração 12 relativa ao gancho 18. Conforme é bem conhecido, um sistema de motor superior poderia ser usado como alternativa.

[00056] Este exemplo ainda inclui fluido de perfuração ou lama 26 armazenada em um reservatório 27 formado no local do poço. Uma bomba 29 distribui o fluido de perfuração 26 para o interior da coluna de perfuração 12 através de uma abertura no *swivel* 19, fazendo com que o fluido de perfuração escoe para baixo através da coluna de perfuração 12 conforme indicado pela seta direcional 8. O

fluido de perfuração sai da coluna de perfuração 12 através de aberturas na broca de perfuração 105 e circula para cima através da região anular entre o lado de fora da coluna de perfuração 12 e a parede do poço 11 conforme indicado pelas setas direcionais 9. Nesta maneira bem conhecida, o fluido de perfuração lubrifica a broca de perfuração 105 e transporta cascalhos de formação até a superfície conforme é retornado ao reservatório 27 para recirculação.

[00057] O conjunto de mecanismos de fundo de poço 100 do exemplo ilustrado inclui o módulo de perfilagem durante a perfuração (LWD) 120, um módulo de medição durante perfuração (MWD) 130, um sistema roto-direcionável e motor 150, e a broca de perfuração 105. O módulo de LWD 120 é armazenado em um tipo especial de colar de perfuração, conforme é conhecido na técnica, e pode conter um ou uma pluralidade de tipos conhecidos de ferramentas de perfilagem. Também será entendido que mais do que um módulo de LWD e/ou MWD pode ser empregado, por exemplo, conforme representado em 120A. Referências, ao longo desta descrição, a um módulo na posição do número de referência 120 podem, como alternativa, significar um módulo na posição de 120A. O módulo de LWD 120 inclui capacidades para medição, processamento e armazenagem de informações, bem como para comunicação com o módulo de MWD 130. No presente exemplo, o módulo de LWD 120 inclui um dispositivo de amostragem de fluidos, tal como uma ou mais bombas. Além disso, o módulo de LWD inclui um módulo analisador de fluidos tendo um ou mais sensores de fluidos, tal como analisador de fluidos óptico, um sensor de densidade/viscosidade de fluidos, etc.

[00058] O módulo MWD 130 também é armazenado em um tipo especial de colar de perfuração, conforme é conhecido na técnica, e pode conter um ou mais dispositivos para medição de características da coluna de perfuração 12 e da broca de perfuração 105. O módulo de MWD 130 inclui ainda um equipamento (não mostrado) para gerar energia elétrica para o sistema de fundo de poço. Isto pode, tipicamente, incluir um gerador de turbina de lama acionado pelo escoamento do fluido de perfuração, sendo entendido que outros sistemas de energia e/ou bateria podem ser empregados. No presente exemplo, o módulo de MWD 130 pode incluir um ou mais de um dispositivo de medição de peso sobre a broca, um dispositivo de medição de torque, um dispositivo de medição de vibração, um dispositivo de medição de choque, um dispositivo de medição de aderência-deslizamento, um dispositivo de medição de direção e um dispositivo de medição de inclinação. O módulo de MWD 130 inclui ainda capacidades para comunicação com o equipamento da superfície.

[00059] O sistema exemplar da FIG. 8 também inclui um sistema de perfilagem e controle ou unidade 160, que pode ser usado para controlar as operações da coluna de perfuração 12, o módulo de MWD 130, o módulo de LWD 120, etc. Além disso, o sistema de perfilagem e controle 160, e/ou um sistema de controle de fundo de poço disposto no módulo de LWD 120 (por exemplo, um controlador e/ou sistema de processamento 230 da FIG. 9) pode ser configurado ou programado para realizar algumas ou todas as operações associadas aos métodos exemplares das FIGS. 5, 6, 7A, e 7B.

[00060] A FIG. 9 é um diagrama simplificado de um

dispositivo de amostragem durante a perfuração ou ferramenta 200 (tal como um tipo descrito na Parente U.S. 7.114.562, aqui incorporado por referência), que pode ser utilizada como a ferramenta de LWD 120 ou parte de um conjunto de ferramentas de LWD. A ferramenta 200 dispõe de uma sonda 202 para estabelecer comunicação de fluido com a formação e desenho do fluido a partir de uma formação 204 na ferramenta 200, conforme indicado pelas setas. A sonda 202 pode ser posicionada em uma lâmina estabilizadora 206 da ferramenta 200 e estendida a partir desta para engajar uma parede de poço 208. A lâmina estabilizadora 206 inclui uma ou mais laminas que ficam em contato com a parede da perfuração do poço 208. Pistões reserva 210 também podem ser fornecidos para auxiliar na aplicação de força para empurrar a ferramenta 200 e/ou a sonda 202 contra a parede da perfuração do poço 208.

[00061] O fluido 204 pode ser puxado para dentro da ferramenta 200 através da sonda 202, usando, por exemplo, uma bomba (não mostrada). No exemplo ilustrado, um módulo analisador de fluidos 212 pode ser semelhante ao DFA 400 da FIG. 1. Por exemplo, o módulo analisador de fluidos inclui um espectrômetro para medir, entre outras coisas, a densidade óptica (OD) de amostras de fluidos de formação. Em outras implementações exemplares nas quais medições (por exemplo, medições de densidade, medições de ressonância magnética nuclear (NMR), medições de resistividade, medições de capacitância, etc.), com exceção ou além das medições de densidade óptica são usadas, o módulo analisador de fluidos 212 pode ser substituído ou suplementado com outros tipos de sensores adequados (por

exemplo, um sensor de reflexão/fluorescência, sensores de NMR, sensores de densidade, sensores de resistividade, sensores de capacitância etc.).

[00062] Durante a fase inicial de uma operação de amostragem, concentrações relativamente grandes de lamas de perfuração ou fluidos podem estar presentes na amostra de fluido, resultando em medições que indicam que a amostra de fluido não é representativa do fluido de formação. À medida que mais fluido é bombeado para a ferramenta 200, a concentração de fluido de perfuração é reduzida. Eventualmente, uma amostra de fluido é obtida podendo ser identificada por pelo menos um sensor de fluidos do módulo analisador de fluidos 212 como característica ou representativa do fluido de formação. Além disso, a ferramenta 200 pode dispor de dispositivos, tais como câmeras de amostra, para a coleta de amostras de fluido para recuperação na superfície.

[00063] A FIG. 10 é um diagrama simplificado de uma ferramenta de testes de formação com cabos de aço 300 que pode ser usada para retirar, medir características de, e/ou analisar amostras de fluido presentes em uma formação geológica 302. A ferramenta de testes de formação exemplar da FIG. 10 pode ser usada para, entre outras coisas, implementar os métodos e equipamento exemplares aqui descritos. A ferramenta exemplar 300 é suspensa em uma perfuração (isto é, um poço) 304 a partir da extremidade inferior de um transportador 306 tal como um cabo de aço ou um cabo multicondutor, que é bobinado a partir da superfície. Na superfície, o cabo de aço exemplar 306 é tipicamente ligado a um sistema de controle e/ou

processamento 308 que monitora e/ou controla a ferramenta 300. O sistema de controle e/ou processamento 308 da FIG. 10 e/ou um sistema de controle e/ou processamento 310 implementado por e/ou dentro da ferramenta 300 pode, além disso, ou como alternativa, realizar análises de composição de fluido baseadas em uma ou mais medições (por exemplo, medições de densidade óptica) feitas por e/ou dentro da ferramenta de amostragem 300 (por exemplo, por um módulo analisador de fluidos 312, semelhante ao DFA 400 da FIG. 1). Conforme será apreciado pelos versados na técnica, os controladores exemplares 308 e 310 da FIG. 10 podem incluir um ou mais microprocessadores ou outros processadores ou unidades de processamento, memória associada, e outro hardware e/ou software.

[00064] No exemplo ilustrado, o módulo analisador de fluidos 312 inclui um espectrômetro para medir, entre outras coisas, a densidade óptica (OD) de amostras de fluidos de formação. Em outras implementações exemplares nas quais medições (por exemplo, medições de densidade, medições de ressonância magnética nuclear (NMR), medições de resistividade, medições de capacitância, etc.), com exceção ou além das medições de densidade óptica, são usadas, o módulo analisador de fluidos 312 pode ser substituído ou suplementado com outros tipos de sensores adequados (por exemplo, um sensor de reflexão e/ou fluorescência, sensores de NMR, sensores de densidade, sensores de resistividade, sensores de capacitância, etc.).

[00065] Estando em uma profundidade desejada, a ferramenta exemplar 300 da FIG. 10 é usada para obter uma amostra de fluido de formação e/ou fazer uma ou mais

medições de uma amostra de fluido coletada e/ou momentânea. A ferramenta exemplar 300 tem qualquer número e/ou tipo(s) de sonda(s), e/ou entrada e/ou abertura de fluidos (das quais uma é designada pelo número de referência 314), que são extensíveis, de forma seletiva, a partir da ferramenta 300, bem como um membro de ancoragem extensível 316, de forma seletiva, no lado oposto da ferramenta 300. A sonda exemplar 314 da FIG. 10 é estendida da ferramenta 300 e vedada contra uma parede da perfuração do poço 318 de modo que a sonda 314 fique em comunicação de fluido com a formação 302. A ferramenta exemplar 300 pode incluir também uma ou mais bombas (não mostradas) para bombear fluidos de formação da formação 302 para a ferramenta 300 e/ou para bombear fluidos de formação da ferramenta 300 para a perfuração de poço 304.

[00066] Fluidos de formação amostrados pela ferramenta 300 podem ser contaminados com filtrado de lama. Isto é, os fluidos de formação podem ser contaminados com o filtrado de um fluido de perfuração que se infiltra na formação 302 durante o processo de perfuração. Assim, quando os fluidos são retirados da formação 302, estes fluidos extraídos podem, inicialmente, conter filtrado de lama. Em alguns exemplos, fluidos de formação são retirados da formação 302 e bombeados para a perfuração de poço 304 ou para uma câmara de resíduos grande (não mostrada) na ferramenta 300 até que o fluido sendo retirado se torne suficientemente limpo. Uma amostra de fluido limpa tem uma concentração de filtrado de lama que é aceitavelmente baixa para que o fluido represente substancialmente fluido de formação nativo (isto é, que ocorre naturalmente). Uma vez que o

fluido sendo retirado é suficientemente limpo, um fluido de amostra pode ainda ser analisado, medido e/ou coletado para análise. No exemplo ilustrado, a ferramenta 300 dispõe de módulo de armazenagem de fluido 320 para armazenar amostras de fluido coletadas.

[00067] O módulo analisador de fluidos 312 pode incluir um ou mais sensores para fornecer medições conforme o líquido de formação é bombeado (por exemplo, durante a fase de limpeza). No caso de sensores óticos (por exemplo, um espectrômetro), os valores de densidade ótica recebidos a partir desses sensores podem ser utilizados para calcular a composição do líquido de formação. Além disso, as técnicas de extrapolação podem ser usadas em combinação com as medições feitas durante a fase de limpeza para prever as propriedades do fluido que seriam apresentadas por amostras fluidas intactas. Embora a ferramenta de teste de formação 300 seja fornecida com o armazenamento de líquidos 320 para trazer amostras para a superfície para posterior análise, o módulo analisador de fluido 312 pode ser vantajosamente usado para medir propriedades do fluido do fluido de formação enquanto o fluido de formação está sendo extraído de poços a partir da formação 302. Medindo o fluido de formação extraído do fundo do poço (isto é, *in situ*) permite que o fluido de formação permaneça substancialmente sob a mesma pressão e temperatura e mantenha substancialmente o estado de mistura dos componentes do fluido que este teria enquanto ainda na formação 302. Em contraste, trazer as amostras de fluido de formação para a superfície muda a temperatura, pressão e outras características do fluido de forma que as medições das

propriedades do fluido realizadas na superfície rendem resultados diferentes do que se as mesmas medições fossem realizadas no fundo do poço. Além disso, medir o fluido de formação extraído do fundo do poço fornece valores de medição que são relativamente mais representativos das propriedades ou características do fluido de formação na formação 302.

[00068] Enquanto a ferramenta de fundo de poço 200 da FIG. 9 e a ferramenta de fundo de poço 300 da FIG. 10 são fornecidas com um teste, mais testes podem ser fornecidos em outros exemplos de implantações. Adicionalmente, em exemplos alternativos de implantações, empacotadores infláveis podem ser usados ao invés de testes para estabelecer conexões fluidas com as formações e retirar amostra dos fluidos. Além disso, os exemplos de métodos e aparelhos descritos não estão limitados a um tipo de transporte particular e podem ser implantados em conexão com diferentes tipos de transporte, incluindo, por exemplo, flexitubo, tubo de perfuração com cabo, e/ou outros meios de transporte conhecidos na indústria.

[00069] A FIG. 11 mostra um diagrama em bloco de um exemplo de sistema de computação 1100 que pode ser usado para implantar os exemplos de métodos e equipamentos aqui descritos. Por exemplo, o sistema de computação 1100 pode ser usado para determinar se um revestimento está presente em uma ou mais das janelas do espectrômetro 420 e/ou o sensor de reflexo/fluorescência 424 a partir de medições feitas pelo espectrômetro 420 e/ou o sensor de reflexo/fluorescência 424. Em um exemplo, o controlador 432 pode determinar que as janelas do espectrômetro 420 e do

sensor de reflexo/fluorescência 424 sejam revestidas com base nas medições contraditórias. No exemplo, o espectrômetro 420 determina que GOR está acima de um específico limiar para indicar que a amostra do fluido é um gás. Entretanto, o espectrômetro 420 também determina que a densidade ótica da amostra do fluido é muito elevada (por exemplo, aproximadamente 3,0).

[00070] Além disso, o sistema de computação 1100 pode ser usado para implantar o sistema descrito acima de perfilagem e controle 160 e o sistema de controle e/ou processamento 230 da FIG. 9. Alternativamente, porções do sistema de computação 1100 podem ser usadas para implantar os sistemas descritos acima de controle e/ou processamento 308 e/ou 310 da FIG. 10. O exemplo de sistema de computação 1100 pode ser, por exemplo, uma área de trabalho convencional de um computador pessoal, um computador *notebook*, uma estação de trabalho ou qualquer outro dispositivo computador. Um processador 1.102 pode ser qualquer tipo de unidade de processamento, tal como um microprocessador da família Intel® Pentium® de microprocessadores, da família Intel® Itanium® de microprocessadores, e/ou da família XScale® de microprocessadores. As memórias 1.106, 1.108 e 1.110 que estão acopladas no processador 1.102 podem ser qualquer dispositivo de memória adequado e pode ser adequado para comportar as demandas de armazenamento do sistema 1100. Em particular, a memória flash 1.110 pode ser um memória não-volátil que é acessada e apagada em uma base bloco-a-bloco. Como foi descrito antes, o processador 1.102, e as memórias 1.106, 1.108 e 1.110 podem adicionalmente ou

alternativamente implantadas no fundo do poço, por exemplo, para armazenar, analisar, processar e/ou comprimir dados de testes e medições (ou qualquer outro dado) obtido através de um ferramenta DFA 400 e/ou para controlar as operações da ferramenta DFA 400.

[00071] Um dispositivo de entrada 1.112 pode ser implantado usando um teclado, um *mouse*, uma tela sensível ao toque (*touch screen*), um dispositivo sensível ao toque (*trackpad*) ou qualquer outro dispositivo que permite que o usuário forneça informações para o processador 1.102.

[00072] Um dispositivo de exibição 1.114 pode ser, por exemplo, um monitor de exibição com tela de cristal líquido (LCD), um monitor com tubo de raios catódicos (CRT) ou qualquer outro dispositivo apropriado que atua como uma interface entre o processador 1.102 e o usuário. O dispositivo de exibição 1.114 como mostra a FIG. 11 inclui qualquer hardware adicional necessário para realizar a interface de uma tela de exibição para o processador 1.102.

[00073] Um dispositivo de armazenamento em massa 1.116 pode ser, por exemplo, um *hard drive* convencional ou qualquer outro mídia magnética ou ótica que o processador 1.102 seja capaz de ler.

[00074] Um dispositivo de armazenamento removível 1.118 pode ser, por exemplo, um dispositivo de *drive* ótico, tal como um drive gravador de disco compacto gravável (CD-R), drive gravador de disco compacto regravável (CD-RW), um drive de DVD ou qualquer outro dispositivo de drive ótico. Pode ser alternativamente, por exemplo, uma unidade de mídia magnética. A mídia de armazenamento removível 1.120 é complementar para a unidade de drive de armazenamento

removível 1.118, na medida em que os meios de comunicação 1.120 são selecionados para operar com o drive 1.118. Por exemplo, se a unidade de dispositivo removível de armazenamento 1.118 é um drive óptico, a mídia de armazenamento removível 1.120 pode ser um CD-R, um CD-RW, um DVD ou qualquer outra mídia óptica adequada. Por outro lado, se a unidade de dispositivo removível de armazenamento 1.118 é um dispositivo de mídia magnética, as mídias de armazenamento removíveis 1.120 podem ser, por exemplo, um disquete ou qualquer outra mídia de armazenamento magnético adequada.

[00075] Embora os métodos, equipamentos e artigos de fabricação exemplificados tenham sido descritos aqui, o escopo da cobertura dessa patente não está limitado à estes. Pelo contrário, esta patente abrange todos os aparelhos, métodos e artigos de fabricação que estão justamente dentro do escopo das reivindicações anexas, tanto literalmente, ou sob a doutrina de seus equivalentes.

**REIVINDICAÇÕES**

1. Método (800, 900) para detectar um revestimento em um sensor de fluido de fundo de poço, caracterizado por compreender:

medir uma razão de gás/óleo (806, 902) de uma amostra de fluido;

realizar (802, 804, 904, 906), através do sensor de fluido, pelo menos uma medição de amostra de fluido; e

processar (808-812, 908-914) a razão de gás/óleo medida da amostra de fluido e a pelo menos uma medição de amostra de fluido para determinar se a pelo menos uma medição de amostra de fluido é indicativa de uma película de revestimento em uma interface do sensor de fluido com o fluido de amostra, em que a razão de gás/óleo medida é utilizada para determinar a presença da película de revestimento.

2. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de realização (904), através do sensor de fluido, de pelo menos uma medição de amostra de fluido compreende realizar a medição de uma amostra de fluido para pelo menos um dentre: um parâmetro de densidade ótica, um parâmetro de absorção de cor, um parâmetro de dispersão, um parâmetro de fração de água, um parâmetro de reflexão, ou um parâmetro de fluorescência.

3. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a etapa de medição (902) de uma razão de gás/óleo de uma amostra de fluido compreende ainda determinar (908) se a razão de gás/óleo está dentro de uma faixa pré-determinada.

4. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a etapa de processamento compreende comparar (810, 812) o parâmetro de densidade ótica e o parâmetro de absorção de cor a valores limite típicos correspondentes de um gás.

5. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a medição de amostra de fluido é indicativa de uma película de revestimento no sensor de fluido quando a medição de amostra de fluido for contraditória à razão óleo/gás medida.

6. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a pelo menos uma medição de amostra de fluido (806, 902) é obtida com um sensor de reflexão/fluorescência ou um espectrômetro óptico.

7. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de realização (804, 904), através do sensor de fluido, de pelo menos uma medição da amostra de fluido compreende medir uma série de parâmetros de absorção de cor para cada um de uma série de comprimentos de onda.

8. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a etapa de processamento (810, 812, 912) compreende determinar que um primeiro parâmetro de absorção de cor associado com um primeiro comprimento de onda corresponde a uma densidade ótica maior do que uma densidade ótica associada com um segundo parâmetro de absorção de cor associado com um segundo comprimento de onda que é maior que o primeiro comprimento de onda.

9. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação

7, caracterizado pelo fato de que a etapa de processamento (812, 912) compreender a determinação de que a série de parâmetros de absorção de cor corresponde a um padrão de absorção de uma substancia indicativa da substancia de revestimento.

10. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de processamento (912) compreende determinar se pelo menos um parâmetro medido está dentro de um intervalo de valores determinados pelo tipo de fluido.

11. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender ainda o bombeamento da amostra de fluido em um analisador de fluidos, e em que a etapa de processamento compreende determinar que pelo menos uma medição da amostra de fluido é substancialmente indiferente ao bombeamento da amostra de fluido.

12. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que é realizado durante a perfuração.

13. Método (800, 900), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por compreender ainda:

realizar pelo menos uma medição (802) de um parâmetro de densidade óptica da amostra de fluido;

realizar pelo menos uma medição (804) de um parâmetro de absorção de cor da amostra de fluido para cada um de uma série de canais de cores;

processar (808-812, 908-914) o parâmetro de densidade óptica, o parâmetro de absorção de cor e a razão de gás/óleo medida para determinar se há um revestimento na

janela do analisador de fluidos, baseado em dois ou mais dentre o parâmetro de densidade ótica;

determinar uma fração de água da amostra de fluido e comparar a fração de água com um limite predeterminado, e em que o processamento compreende ainda processar uma comparação da fração de água e o limite predeterminado para determinar se há um revestimento na janela do analisador de fluidos.

14. Aparelho (400) para detectar um revestimento em um sensor de fluido de fundo de poço através do método, conforme determinado em qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado por compreender:

um sensor de fluido (420) para medir pelo menos um parâmetro da amostra de fluido; e

uma unidade de processamento para determinar um tipo de amostra de fluido e se a pelo menos um parâmetro da amostra de fluido é indicativo de uma película de revestimento em uma interface do sensor de fluido, com o fluido amostrado sendo baseado na determinação do tipo de amostra de fluido.

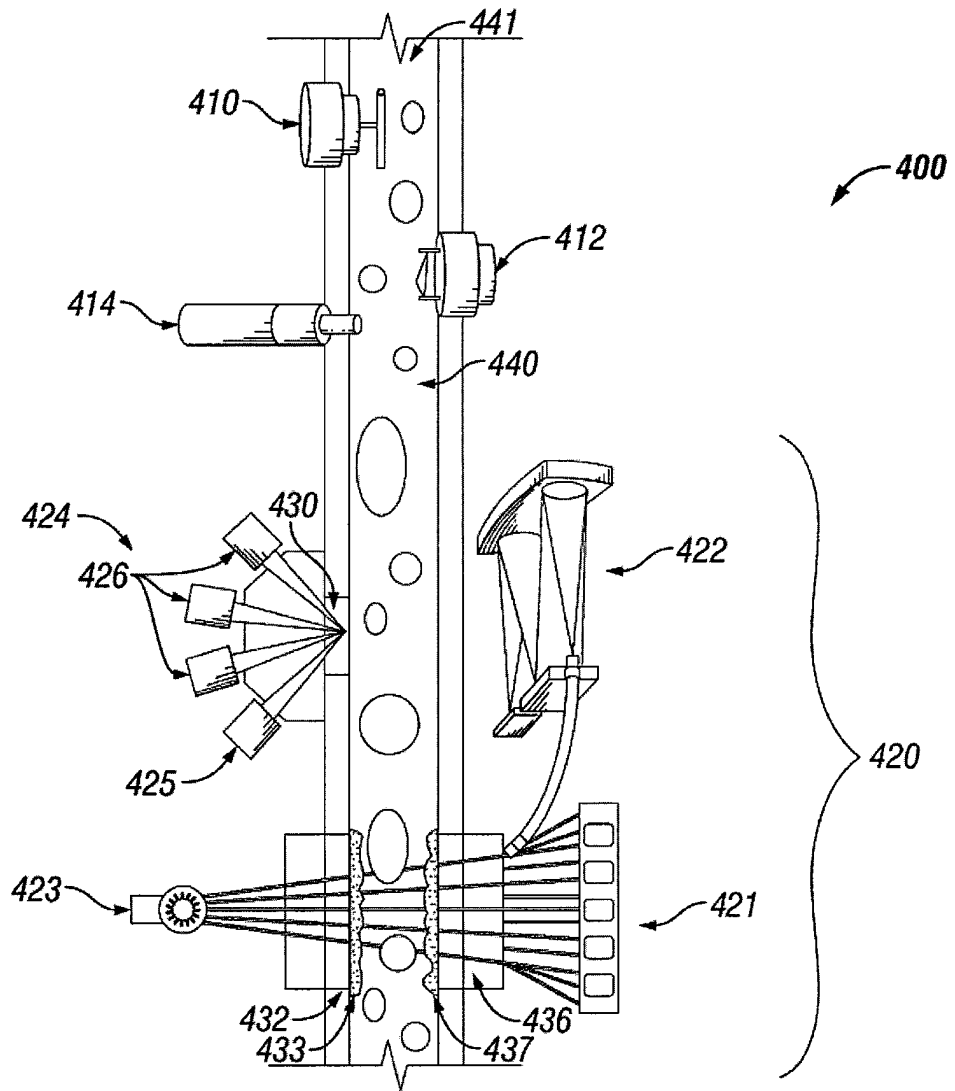


FIG. 1

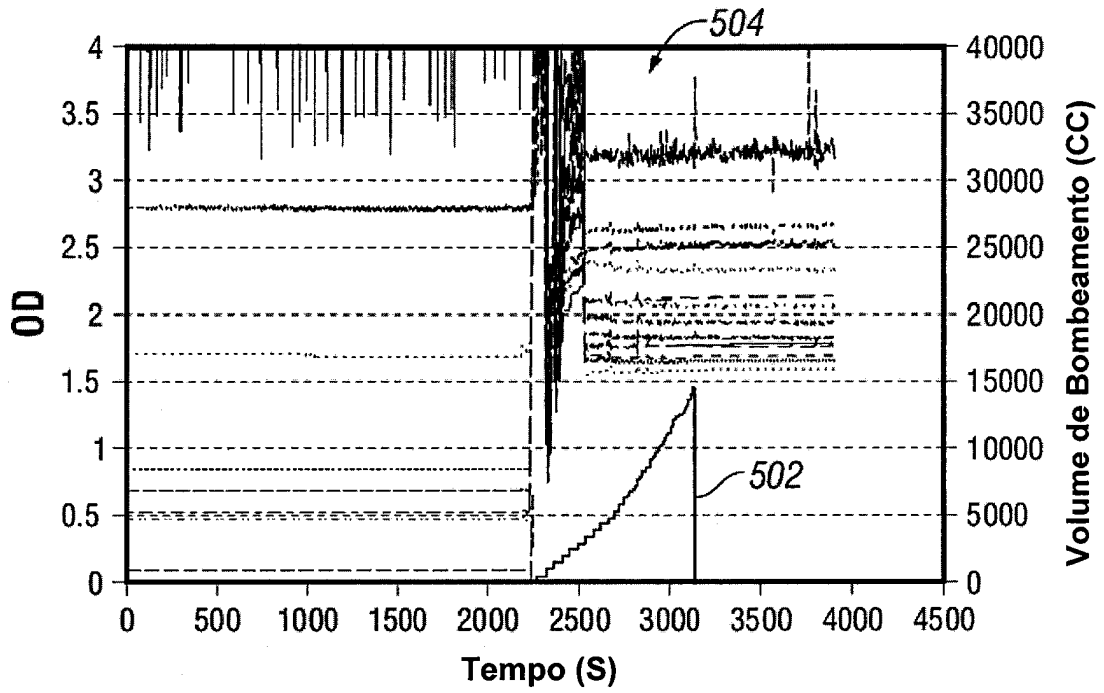


FIG. 2

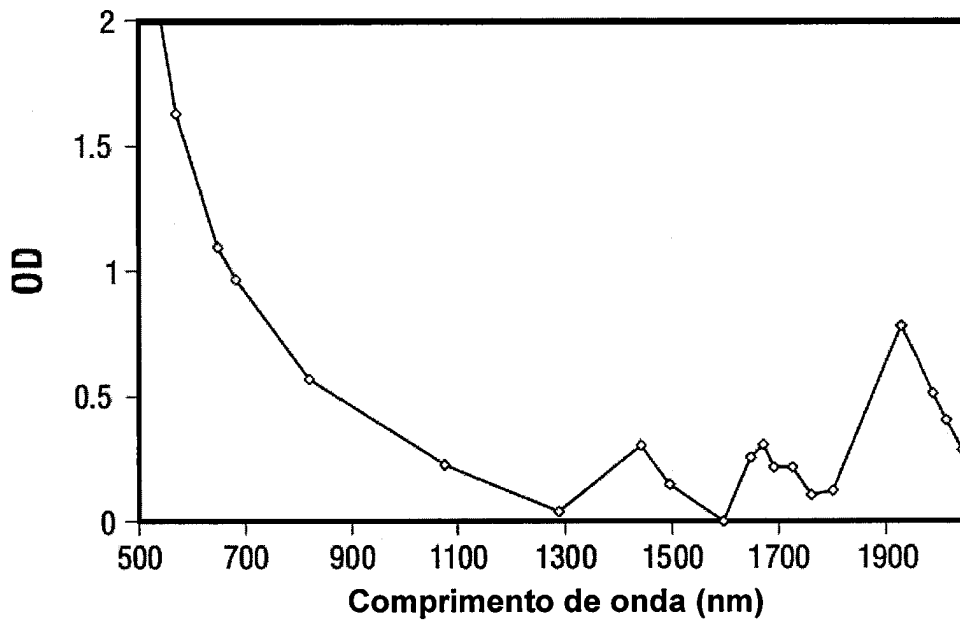


FIG. 3

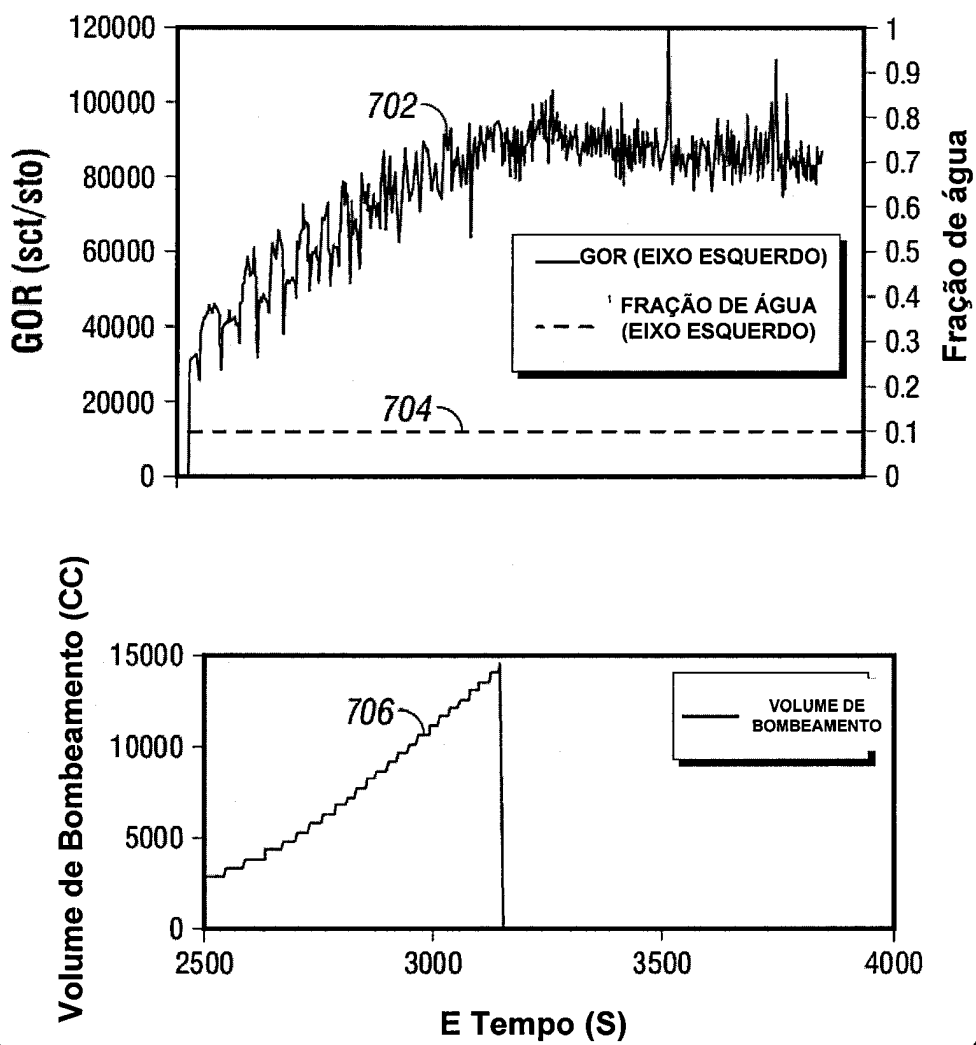


FIG. 4

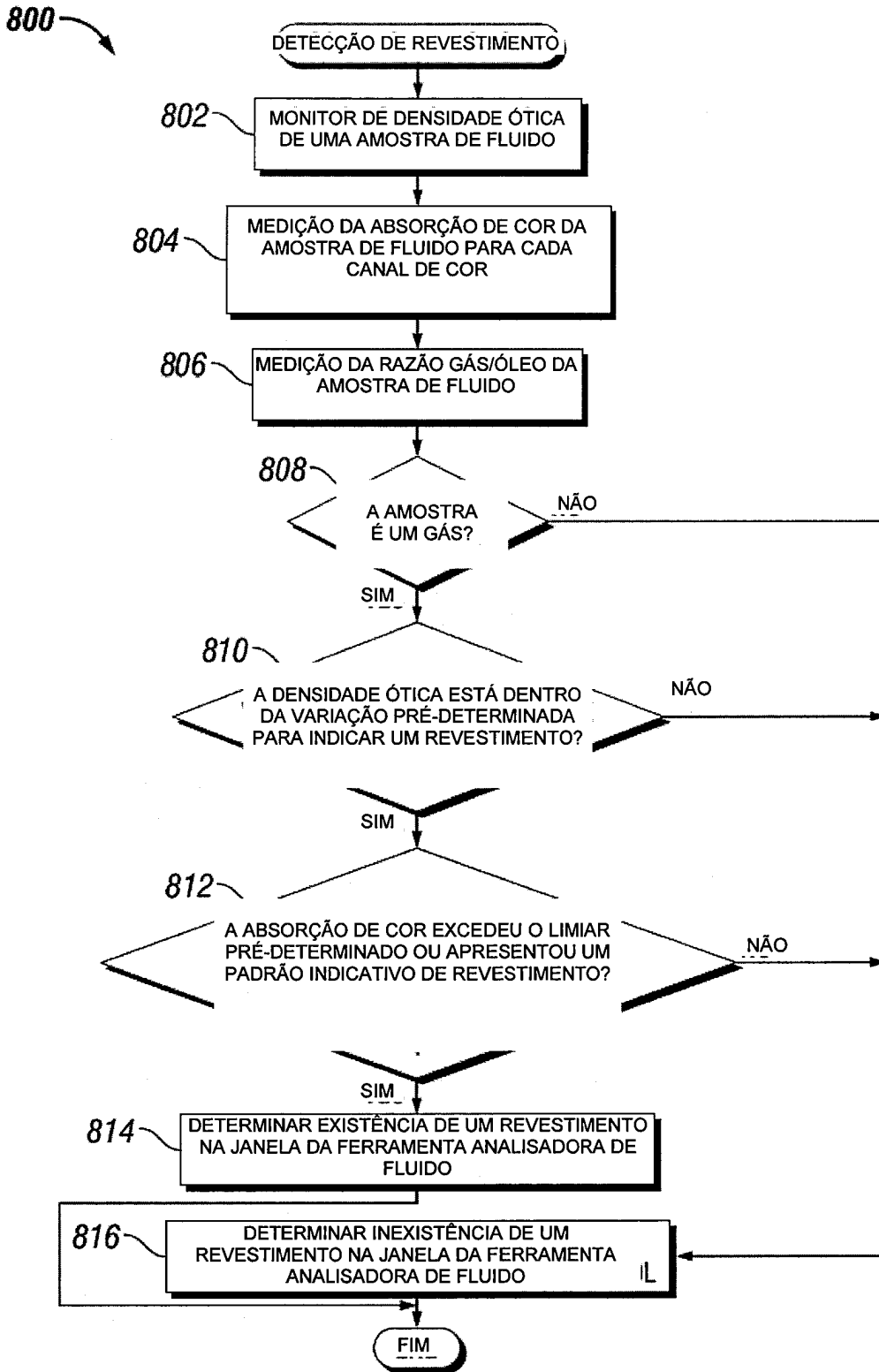


FIG. 5

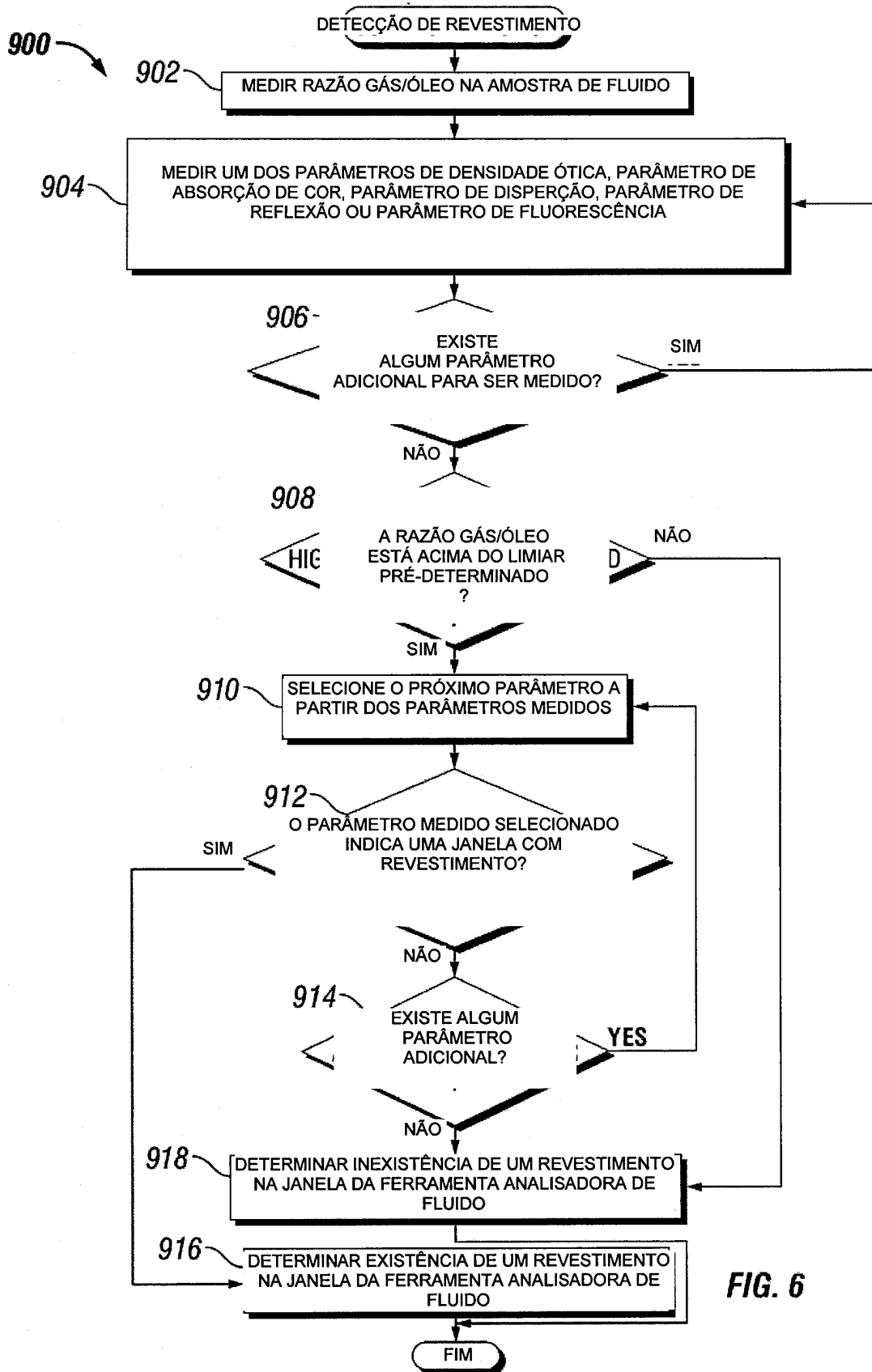


FIG. 6

6/11

1001

Dados de Entrada		Unidade
FSOD[450]	Canal de densidade óptica de canal de FS a 450 nm	sem unidade
FSOD[570]	Canal de densidade óptica de canal de FS a 570 nm	sem unidade
FSOD[680]	Canal de densidade óptica de canal de FS a 680 nm	sem unidade
FSOD[1070]	Canal de densidade óptica de canal de FS a 1070 nm	sem unidade

//comentário: parâmetros constantes  
 Definir variável dupla constante local:

Corte\_de\_OD=2,5 } 1002  
 Corte\_de\_água+alto=0,5 } 1004  
 Corte\_de\_GOR\_1=6000 } 1006  
 Corte\_de\_GOR\_2=4000 } 1008  
 Corte\_de\_cor\_f1=0,000005 } 105 } 1008  
 Corte\_de\_cor\_f2=0,4 } 105 } 1008  
 Corte\_de\_dispersão\_baixo=0,2 } 0.2 } 1010  
 Corte\_de\_dispersão\_alto\_3 } 3 } 1010

1000

//comentários: as seguintes variáveis são variáveis locais  
 Definir variável dupla local: Corte\_de\_cor, Verificação\_de\_cor  
 Definir variável inteira local: Dispersão\_alta  
 (VERDADEIRO/FALSO),  
 Janela\_revestida\_a\_partir\_de\_cor (VERDADEIRO/FALSO)

} 1012  
 .SE)

FIG. 7A

7/11

```

//comentários: verificar se a dispersão é alta para revestimento de
janela
se Corte_dispersão_alto > FSOD[1600] > Corte_dispersão_baixo e
Corte_dispersão_alto > GSOD[1603] > Corte_dispersão_baixo então
    Dispersão_alta=VERDADEIRO
    ou
    Dispersão_alta=FALSO
e se
    //comentários: computar Corte_de_cor
    se GOR > GOR_corte_1 então
    Corte de cor = corte de GOR_1 * Corte de cor_f1 + Corte de cor_f2
    ou
    se GOR < GOR_corte_2 então
    Corte de cor = Corte de GOR_2 * Corte de cor_f1 + Corte de cor_f2
    ou
    Corte de cor = GOR * Corte de cor_f1 + Corte de cor_f2
e se
e se

```

1016

1018

FIG. 7B

8/11

```

//comentários: verificação de cor, verificar se a absorção de
cor está diminuindo com comprimento de onda como um
se (FSOD[570]>0[ corte ou FSOD[450]>FSOD[680]) e e j
(FSOD[680]>0[ corte ou FSOD[450]>FSOD[815]) e e j
(FSOD[815]>0[ corte ou FSOD[450]>FSOD[1070]) e e j
(FSOD[1070]>0[ corte ff ou FSOD[450]>FSOD[1290]) então n } 1020
Verificação_de_cor:k=FSOD[570]-FSOD[1600]
ou
Verificação_de_cor=0
e se
//comentários: verificar se a cor é alta para }
revestimento de janela } 1022
se Cor_verificar>cor_corte então
Janela_Revestida_a_partir_de_cor
=VERDADEIRO
Janela_revestida_a_partir_de_cor=FALSO
//comentários: GOR mostrando um gás com cor e
dispersão elevadas indica um revestimento de janela
//comentários: se WATF for maior do que o corte, então é
provável que se forme um revestimento de janela
se GOR>GOR_corte_2 e Dispersão_alta e
Janela_revestida_a_partir_de_cor então
se WATF=valor ausente ou WAT<Corte_de_água_alto f }
então } 1024
REVESTIMENTO_DE_JANELA=REVESTIMENTO
ou
REVESTIMENTO_DE_JANELA=NENHUM
REVESTIMENTO
e se
ou
REVESTIMENTO_DE_JANELA=REVESTIMENTO

```

FIG. 7C

9/11

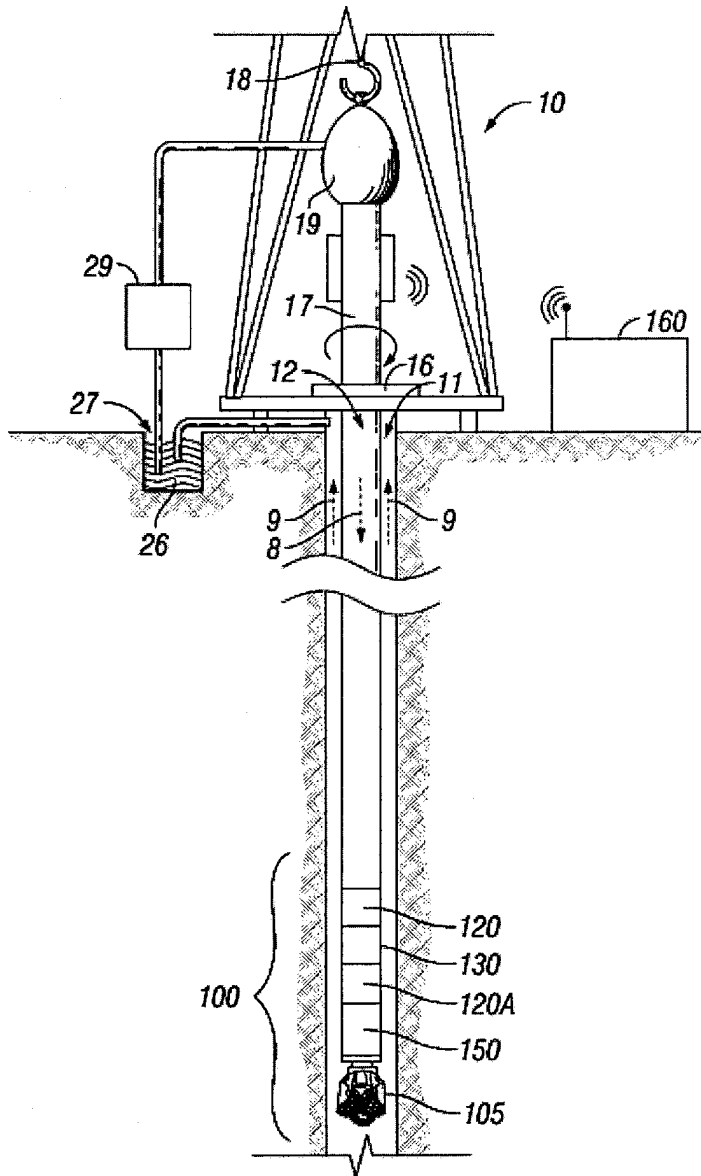


FIG. 8

10/11

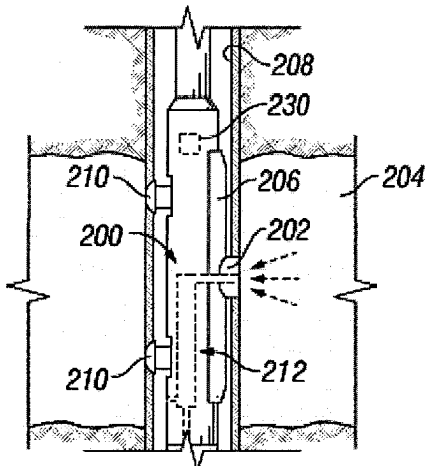


FIG. 9

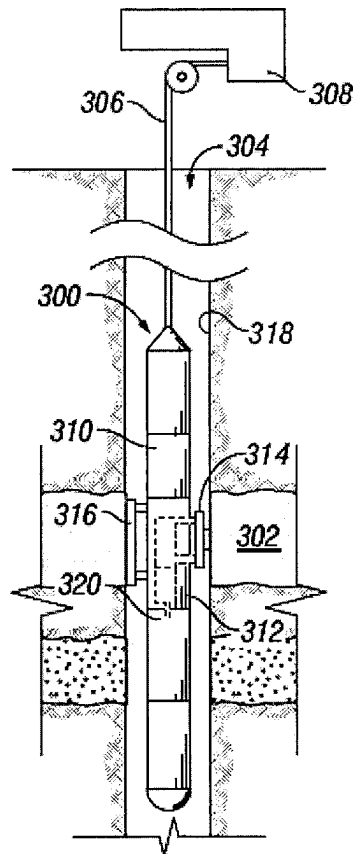


FIG. 10

11/11

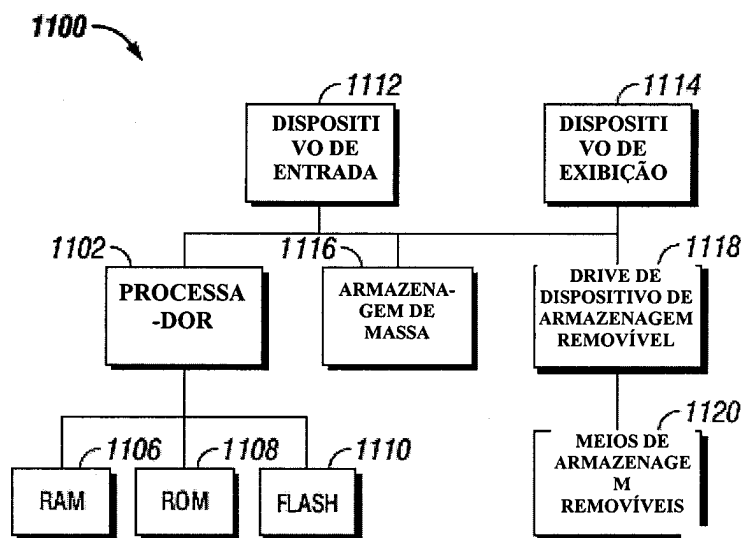


FIG. 11