



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112013031666-7 B1**



**(22) Data do Depósito:** 07/06/2012

**(45) Data de Concessão:** 23/08/2022

**(54) Título:** MÉTODO PARA DETERMINAR EM UMA AMOSTRA UMA CONCENTRAÇÃO DE UM PRIMEIRO FLUIDO EM UM SEGUNDO FLUIDO E SISTEMA PARA DETERMINAR EM UMA AMOSTRA UMA CONCENTRAÇÃO DE UM PERÍMETRO FLUIDO EM UM SEGUNDO FLUIDO

**(51) Int.Cl.:** G01F 23/292.

**(30) Prioridade Unionista:** 07/06/2011 US 61/520308.

**(73) Titular(es):** MEASUREMENT SPECIALTIES, INC..

**(72) Inventor(es):** JOHN COATES; ROBERT QUALLS.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2012041431 de 07/06/2012

**(87) Publicação PCT:** WO 2012/170743 de 13/12/2012

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 09/12/2013

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA DETERMINAR EM UMA AMOSTRA UMA CONCENTRAÇÃO DE UM PRIMEIRO FLUIDO EM UM SEGUNDO FLUIDO E SISTEMA PARA DETERMINAR EM UMA AMOSTRA UMA CONCENTRAÇÃO DE UM PRIMEIRO FLUIDO EM UM SEGUNDO FLUIDO. Um dispositivo de detecção espectral ótico para determinar pelo menos uma propriedade de um fluido. O dispositivo tem um corpo poroso alongado, uma primeira extremidade e uma segunda extremidade, um emissor ótico de estado sólido na primeira extremidade do corpo orientado para emitir radiação no sentido da segunda extremidade do corpo, e um detector ótico de estado sólido na segunda extremidade do corpo orientado para detectar radiação emitida pelo emissor ótico. Um pacote para detectar propriedades de um fluido inclui um corpo definindo uma cavidade, com um portador móvel e forçado para um detector ou emissor ótico montado na cavidade para confiabilidade aumentada. Um sistema para determinar concentrações relativas de fluidos em uma amostra inclui pares de emissor/detector operando em comprimento de onda de referência e comprimentos de onda correspondentes a picos de absorção de pelo menos dois fluidos, e um processador para determinar concentração baseado em dados medidos e dados de calibração.

"MÉTODO PARA DETERMINAR EM UMA AMOSTRA UMA CONCENTRAÇÃO DE UM PRIMEIRO FLUIDO EM UM SEGUNDO FLUIDO E SISTEMA PARA DETERMINAR EM UMA AMOSTRA UMA CONCENTRAÇÃO DE UM PRIMEIRO FLUIDO EM UM SEGUNDO FLUIDO"

#### Campo da invenção

[0001] A presente divulgação se relaciona com sensores óticos e sistemas associados. Mais particularmente, ela se relaciona com sensores óticos e sistemas de monitoramento de fluido usados em, por exemplo, as indústrias de equipamentos pesados, automotiva e de transporte.

#### Antecedentes

[0002] O papel das medições espectrais óticas para o monitoramento de sistemas de fluidos estáticos e dinâmicos está bem estabelecido no campo da espectroscopia. Os sistemas tradicionais podem incluir o uso de um sistema de medição espectrométrico, tal como um espectrômetro ou fotômetro, interfaceado óticamente com uma corrente de fluido, tal como um líquido ou gás. No caso de sistemas de espectrômetro, instrumentos dispersivos comerciais próximos de infravermelho (NIR) ou de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR, próximo- ou intermediário a IV) frequentemente utilizam vários sensores óticos usados em modos de operação de transmissão, transflectância (uma combinação de transmitância e refletância) e refletância interna. A patente U.S. n° 7.339.657, incorporada aqui por referência em sua totalidade, discute cada um destes modos de operação como implementados em vários pacotes de sensores óticos.

[0003] Mais geralmente, a espectroscopia ótica, por exemplo, na forma de espectroscopia infravermelha é uma técnica reconhecida para a análise e caracterização de vários

tipos de fluidos usados em aplicações industriais, automotivas e de transporte, incluindo lubrificantes, fluidos funcionais e fluidos de emissão de diesel (DEF), que são marcados sob a marca comercial ADBLUE® de Verband der Automobilindustrie E.V. (VDA). Tais medições espectroscópicas podem fornecer dados significativos sobre a condição do fluido e do sistema de fluido durante serviço. O termo espectroscopia infravermelha é usado no sentido mais amplo, e inclui tanto próximo de infravermelho quanto intermediário a infravermelho, e cobre a região de 700 nanômetros (nm) até 25.000 nm.

[0004] A espectroscopia infravermelha, como definida acima, pode fornecer a medição da qualidade de fluido, tal como qualidade de DEF, e propriedades do fluido, para fins de exemplo somente, oxidação, contaminação por refrigerante, diluição de combustível, e conteúdo. Na maioria dos casos, esta informação é derivada diretamente como uma medição da funcionalidade química, como definida pelas frequências de grupo vibracional características observadas no espectro próximo de infravermelho e infravermelho. Adicionalmente, os espectros UV e visível podem fornecer informações derivadas de cor e/ou informações derivadas de transições eletrônicas e podem ser aplicadas para fornecer informações sobre oxidação, umidade e teor de aditivos, para fins de exemplo.

[0005] Embora a região espectral infravermelha seja definitiva em termos de medição de materiais como entidades químicas, as medições podem ser difíceis para implementar em termos dos materiais usados. Mais especificamente, os óticos e materiais associados usados nestes dispositivos de medição são relativamente caros e nem sempre se prestam à fácil

replicação para produção em massa. Além disso, quando múltiplos dispositivos são implementados em um sistema de monitoramento maior usado em, por exemplo, aplicações de monitoramento automotivas, estes sistemas frequentemente se tornam proibitivamente grandes, complexos e caros. Um outro fator a considerar é o ambiente operacional. Se um sistema de monitoramento deve ser usado em um ambiente relativamente benigno, tal como em um laboratório sob condições ambiente standard ou em uma instalação interna de clima condicionado, então uma construção de dispositivo da técnica anterior pode ser usada. Entretanto, se existir um requisito de medir um sistema de fluido em um ambiente menos favorável, tal como em uma linha de processo (interna ou externa), em um veículo, ou uma peça móvel ou fixa de equipamento, então é necessário considerar um sistema mais capaz de operar sob tais condições. Isto pode incluir considerar a sensibilidade à temperatura dos componentes, bem como sua robustez em termos de exposição de longo prazo a vibrações contínuas. Fatores adicionais para consideração incluem tamanho, estabilidade térmica, imunidade à vibração e custo.

[0006] Sistemas e técnicas de medição de fluido alternativos para detecção e monitoramento de fluido que resolvam uma ou mais destas considerações são desejados.

#### Sumário

[0007] De acordo com uma configuração da presente divulgação, um dispositivo de detecção espectral ótico para determinar propriedades de uma amostra é provido. O dispositivo inclui um corpo poroso alongado tendo uma primeira extremidade e uma segunda extremidade. Uma fonte emissora de estado sólido é arranjada na primeira extremidade

do corpo e um detector de estado sólido é arranjado na segunda extremidade do corpo. Um pacote de eletrônicos é conectado operativamente ao dispositivo para prover energia para o emissor de estado sólido, e para receber um sinal gerado pelo detector. O corpo é configurado para ser pelo menos parcialmente submerso na amostra, e o pacote de eletrônicos é configurado para determinar um valor da profundidade do fluido ou da profundidade de submersão do corpo, e emitir pelo menos um valor indicativo da profundidade de submersão do corpo ou profundidade do fluido.

[0008] Um pacote sensor seguro a baixa temperatura também é provido. O pacote inclui um alojamento definindo uma cavidade interna nele para comunicação com um fluido a ser amostrado. Um porta-sensor é movelmente arranjado dentro da cavidade interna e é pressionado para uma posição operacional dentro da cavidade por um elemento de mola arranjado entre o porta-sensor e uma porção do alojamento.

[0009] Um método para determinar em uma amostra uma concentração de um primeiro fluido em um segundo fluido também é provido. O método compreende as etapas de detectar uma primeira intensidade de radiação transmitida pela amostra por um primeiro feixe tendo um primeiro comprimento de trajetória em uma frequência de referência ( $f_{ref}$ ); detectar uma segunda intensidade de radiação transmitida através da amostra por um segundo feixe tendo o primeiro comprimento de trajetória em uma frequência correspondente a um pico de absorção do primeiro fluido; detectar uma terceira intensidade de radiação transmitida através da amostra por um terceiro feixe tendo um segundo comprimento de trajetória na frequência de referência; e detectar uma quarta intensidade

de radiação transmitida pela amostra por um quarto feixe tendo o segundo comprimento de trajetória em uma frequência correspondendo a um pico de absorção do segundo fluido. A temperatura da amostra é então determinada. Um valor igual a  $(\text{a segunda intensidade/a primeira intensidade}) - (\text{a quarta intensidade/a terceira intensidade})$  é então calculado. Finalmente, um valor da concentração do primeiro fluido e do segundo fluido são calculados baseado no valor de  $(\text{a segunda intensidade/a primeira intensidade}) - (\text{a quarta intensidade/a terceira intensidade})$ , na temperatura detectada, e dados de calibração armazenados.

#### Descrição resumida dos desenhos

[0010] As figuras 1A-1C são diagramas esquemáticos ilustrando um sistema exemplar de monitoramento de fluido como implementado em uma aplicação veicular ou de equipamento pesado;

[0011] As figuras 2A e 2B são diagramas esquemáticos ilustrando métodos exemplares para integrar sistemas de monitoramento de acordo com configurações da presente divulgação em uma aplicação veicular ou de equipamento pesado;

[0012] As figuras 3A-3C são vistas de seções transversais de vários pacotes óticos que podem ser usados por sensores de acordo com configurações da presente divulgação;

[0013] As figuras 4A e 4B são vistas de seções transversais de sensores de estilo de inserção de acordo com configurações da presente divulgação;

[0014] As figuras 5A-5C ilustram configurações de sensores em linha (figuras 5A e 5B) e submersíveis (figura 5C) de acordo com configurações da presente divulgação;

[0015] As figuras 6A-6C ilustram um sensor em tanque exemplar para medir tanto o nível quanto a composição de fluido de acordo com uma configuração da presente divulgação;

[0016] As figuras 7A-7C são vistas em perspectiva, parciais, explodidas, e montadas, respectivamente, de um sensor e alojamento exemplares configurados para proteger contra condições severas de congelamento;

[0017] As figuras 8A-8D são representações gráficas dos espectros de absorção de água e DEF, comprimentos de onda analíticos para água e uréia, comprimentos de onda de diodo emissor de luz (LED) exemplar, e uma função de calibração resultante derivada deles;

[0018] A figura 9 é uma representação gráfica de um espectro de emissão de LED exemplar e um espectro de absorção de DEF a 20°C (Celsius);

[0019] A figura 10 mostra uma representação gráfica de medições tanto compensada quanto não compensada para temperatura com várias concentrações de DEF;

[0020] A figura 11 é uma representação gráfica de uma emissão de sensor exemplar usada para medir concentrações de DEF;

[0021] A figura 12 é uma representação gráfica da resposta espectral de misturas de etanol-gasolina;

[0022] A figura 13 é uma representação gráfica da resposta espectral de misturas de biodiesel-diesel;

[0023] A figura 14 é um diagrama de processo ilustrando um método para determinar a profundidade de um fluido de acordo com a configuração das figuras 6A-6C; e

[0024] A figura 15 é um diagrama esquemático ilustrando um sistema para executar medições de fluido compensadas para a

temperatura de acordo com uma configuração da presente invenção.

Descrição detalhada

[0025] Deve ficar entendido que as figuras e descrições da presente invenção foram simplificadas para ilustrar elementos que são relevantes para uma compreensão mais clara da presente invenção, enquanto eliminando, para propósitos de clareza, muitos outros elementos encontrados em sistemas de medição de fluido, incluindo aqueles utilizando espectroscopia. Entretanto, devido a tais elementos serem bem conhecidos na técnica, e devido a eles não facilitarem uma melhor compreensão da presente invenção, uma discussão de tais elementos não é provida aqui. A divulgação aqui é direcionada a todas tais variações e modificações conhecidas por aqueles experientes na técnica.

[0026] Na descrição detalhada seguinte, referência é feita aos desenhos anexos que mostram, por meio de ilustração, configurações específicas nas quais a invenção pode ser praticada. Deve ficar entendido que as várias configurações da invenção, embora diferentes, não são necessariamente mutuamente exclusivas. Adicionalmente, um particular aspecto, estrutura, ou característica descrito aqui em conexão com uma configuração pode ser implementado dentro de outras configurações sem se desviar do escopo da invenção. Em adição, deve ficar entendido que a localização ou arranjo de elementos individuais dentro de cada configuração divulgada pode ser modificada sem se desviar do escopo da invenção. A descrição detalhada seguinte não deve, portanto, ser tomada em um sentido limitante, e o escopo da presente invenção deve ser definido só pelas reivindicações anexas, interpretadas



apropriadamente, junto com a faixa completa de equivalentes às quais as reivindicações tenham direitos. Nos desenhos, numerais iguais se referem à mesma funcionalidade ou similar através das várias vistas.

[0027] O termo "processador" quando usado aqui geralmente se refere a um arranjo de circuito que pode ser contido em um ou mais chips de silício, e/ou placas de circuito integrado (CI), e que contém pelo menos uma Unidade de Processamento Central (CPU), e pode conter múltiplas CPUs. A CPU pode geralmente incluir uma unidade lógica aritmética (ALU), que executa operações aritméticas e lógicas, e uma unidade de controle, que extrai instruções da memória e as decodifica e executa, chamando a ALU quando necessário.

[0028] Processadores podem assumir a forma de um microprocessador, e podem ser um processador CMOS de baixa potência com um conversor de analógico para digital embutido, por meio de exemplo não limitante somente. A presente invenção é operável com produtos de armazenagem de computador ou mídia lida por computador que contenham código de programa para executar as várias operações implementadas por computador. A mídia lida por computador não transitória é qualquer dispositivo de armazenagem de dados que possa armazenar dados que possam depois serem lidos ou acessados por um componente de sistema de computador tal como um microprocessador. A mídia e código de programa podem ser aqueles especialmente projetados e construídos para os propósitos da presente invenção, ou eles podem ser do tipo bem conhecido por aqueles de experiência ordinária nas técnicas de software de computador. Exemplos de mídias lidas por computador incluem, mas não estão limitados a mídia

magnética tais como discos rígidos, discos flexíveis, e fita magnética; mídia ótica tal como discos CD-ROM; mídia magneto-ótica; e dispositivos de hardware especialmente configurados tais como circuitos integrados específicos para aplicação (ASICs), dispositivos lógicos programáveis (PLDs), e dispositivos ROM e RAM. Exemplos de código de computador incluem tanto código de máquina, como produzido, por exemplo, por um compilador, ou arquivos contendo código de nível superior que possam ser executados usando um interpretador.

[0029] O termo "pacote de eletrônicos" como usado aqui deve ser entendido amplamente e inclui qualquer configuração de componentes eletrônicos para uso no fornecimento de energia para componentes, tais como LEDs e detectores, sinais de controle para tais componentes, para receber dados de tais componentes, executar cálculos e processamento de sinal em dados recebidos de tais componentes, armazenar dados recebidos e processados, e prover saída de tais dados para sistemas de monitoramento e display. Tais pacotes podem incluir componentes analógicos e digitais discretos, baterias, circuitos integrados configurados para incluir múltiplos componentes lógicos analógicos e/ou digitais, processadores de propósito geral e de propósito especial, dispositivos de armazenagem de dados de todas as descrições incluindo mídia de armazenagem magnética, capacitiva, de acesso randômico, só de leitura e outras não transitórias, transmissores, receptores, e transceptores sem fio e por fios, e outros dispositivos, de forma discreta e integrada.

[0030] Os detectores e emissores de todas as configurações divulgadas aqui podem ser integrados em e formados integralmente com pacotes eletrônicos, tais como sobre placas

de circuito impresso tais como placas de controle de tais pacotes. Alternativamente, os detectores e emissores podem ser configurados para serem montados separadamente de placas de controle e outros dispositivos eletrônicos.

[0031] Os sistemas de medição/monitoramento de fluido de acordo com configurações da presente divulgação levam em conta fatores de tamanho, estabilidade térmica, imunidade contra vibração e custo, e são configurados para facilitar a produção em massa. Os sensores e sistemas de monitoramento de acordo com configurações da presente divulgação podem simplificar os arranjos complexos da técnica anterior provendo uma luz ou fonte (ou fontes) de energia específica para o comprimento de onda, um dispositivo para interfacear com a amostra, e um ou mais detectores. Estes sistemas espectrométricos/fotométricos simplificados podem ser produzidos relativamente pequenos e compactos comparados com os sistemas de monitoramento grandes e caros da técnica anterior, enquanto retendo sua funcionalidade e confiabilidade em ambientes severos.

[0032] Estes sistemas podem incluir o uso de emissores de luz de estado sólido (p.ex., LEDs), detectores de estado sólido, de baixo custo, integrados com ótico-eletrônicos que reduzam efeitos da dependência da temperatura, óticos de baixo custo que podem ser produzidos em massa tais como por técnicas de moldagem (se requerido), e embalagens de baixo custo. Os efeitos residuais da temperatura podem ser tratados por modelagem térmica e a aplicação de algoritmos de compensação.

[0033] Os dispositivos sensores descritos nesta divulgação podem ser implementados como dispositivos de monitoramento

para fluidos baseados em água, tais como DEF e refrigerantes, em adição a combustíveis, lubrificantes e outros fluidos funcionais usados em veículos automotivos, equipamentos pesados, e várias formas de transporte que envolvem lubrificante fluido e sistemas de conversão de energia dinâmicos. Eles podem incluir dispositivos sensores para monitorar óleos de motor, óleos de transmissão, óleos e fluidos hidráulicos, óleos de turbina, refrigerantes e qualquer sistema fluido que proteja partes móveis mecânicas ou transmite energia para partes móveis. Através de toda a divulgação, o termo fluido é considerado no sentido mais amplo, e pode incluir gases e vapores, o que inclui vapores de desgaseificação de combustíveis, gases de deslizamento e desvio a partir de zonas de combustão, e gases de exaustão. Em uma ou mais configurações, o sensor pode ser operado imerso em fluido, e medições podem ser feitas em um ambiente estático tais como um tanque ou vaso de armazenagem, ou em um ambiente móvel, tal como uma linha de combustível ou tubo de escapamento. Deve ser entendido que o período de medição pode variar de menos que um segundo, a uns poucos segundos, até períodos de dias ou mais longos, tal como para sistemas onde a mudança da composição do fluido (química) muda lentamente, se mudar. Quando usado para avaliação de qualidade de fluido o sensor é intencionado a monitorar mudanças de composição, incluindo contaminação a partir do uso de um fluido incorreto.

[0034] Referindo-se geralmente às figuras 1A-1C um sistema exemplar de monitoramento de fluido é mostrado como implementado em uma aplicação automotiva ou de equipamento pesado. Como registrado acima, os sensores de acordo com

configurações da presente divulgação podem ser adequados para monitoramento de fluido em todos os aspectos de operação de equipamentos. Com referência às figuras 1A e 1C, para aplicações tais como monitoramento de qualidade de DEF, um sensor 10 pode ser localizado dentro de uma dada corrente de fluido, tal como nas linhas de alimentação ou em um sistema de dosagem de fluido 2. Adicionalmente, um sensor pode ser configurado como um componente submersível localizado dentro de um tanque de alimentação 1 (p.ex., um tanque de DEF ou combustível).

[0035] Referindo-se geralmente às figuras 1B e 1C, os sensores de acordo com configurações da divulgação também podem ser usados para monitoramento de condição de óleo (p.ex., oxidação e nitração) em motores de queima de gasolina e gás natural. Para esta aplicação, os dispositivos de detecção podem ser localizados no lado de saída de um sistema de filtração primário (ou secundário) 3 de um motor, onde um filtro 8 é inserido na corrente no lado de retorno do bloco filtro-alojamento. As vantagens de montar o sensor no bloco de filtro incluem acesso conveniente, montagem externa, e temperatura operacional reduzida. As posições alternativas para os sensores descritos aqui podem incluir a transmissão 4, o sistema de resfriamento 5 e o eixo traseiro 7. Uma outra posição de sensor é dentro de um local relativamente mais frio do sistema de exaustão 6, onde uma sonda e sensor isolados termicamente podem monitorar gás de exaustão quanto a espécies tais como NOx (veja também a figura 4B). Embora muitas das configurações da presente divulgação sejam descritas no contexto de dispositivos sensores instalados em um veículo, ou um sistema acionado por motor a combustão,

isto serve só como exemplos apropriados. Os dispositivos são, como indicado, intencionados para uso em todas as formas de sistemas de medição de fluido.

[0036] Com referência às figuras 2A e 2B, com um ou mais sensores a bordo de um veículo ou peça de equipamento, os dados medidos podem ser providos para um display ou sistema de manuseamento de dados a bordo. Configurações da presente divulgação podem comunicar de volta a saída sensorial para o operador/motorista via um ou mais alarmes, alertas, displays ou luzes de status. Referindo-se à figura 2A, em uma implementação, um sistema independente 20 inclui um display funcional e hardware de interface associado 14 diretamente responsivo à saída de um sensor 10 para comunicar dados para um operador. Este tipo de interface pode ser vantajosamente implementada como uma reforma em um veículo ou peça de equipamento existente. Com referência à figura 2B, em outras configurações, entretanto, os sistemas de medição podem ser mais completamente incorporados nos sistemas de controle/computador de equipamentos originais do veículo (OE). Por exemplo, a saída de um ou mais sensores 10 pode ser provida para o sistema de gerenciamento do veículo, incluindo um computador ou processador de gerenciamento de dados a bordo 9. A partir deste sistema de gerenciamento, dados de saídas sensoriais podem ser fornecidos para, por exemplo, um display de operador 11, um dispositivo de comunicação externo 12 (p.ex., um transmissor para comunicação com um sistema de monitoramento remoto), ou armazenados em memória via um barramento de dados 13 para processamento ou recuperação adicional. Deve ser apreciado que os sensores 10 podem receber energia fornecida pelo barramento de dados 13 ou

através do sistema de distribuição de energia normal do veículo.

[0037] Os sensores de acordo com configurações da presente invenção compreendem geralmente dispositivos de baixo consumo de energia operando internamente em 3,5 a 5 volts, e configurados para receber e processar voltagens de entrada normalmente encontradas em veículos e variando de 12 a 40 volts CC. Os sensores podem ser configurados com vários pacotes de eletrônicos, tais como um dispositivo de saída digital simples ou um sensor inteligente que forneça dados numéricos processados. A saída a partir do sensor pode ser provida diretamente para qualquer tipo adequado de display, tal como uma luz de status simples, por exemplo, um LED de três estados: verde (OK), amarelo (alerta) e vermelho (alerta ou problema), ou para um display alfanumérico ou gráfico, por exemplo, um display de LCD. Alternativamente, o sensor pode prover uma saída de formato padronizado (p.ex., SAE J1939) para o barramento de dados do veículo ou equipamento 13, tal como o barramento CAN (p.ex., um 5V-Highspeed-CAN, 250 kbit, ISO11898) de um veículo, fornecer dados de diagnóstico (OBDI/II) para um computador a bordo, que por sua vez suporta e display de saída de sensor inteligente 11.

[0038] Os sensores descritos aqui podem utilizar qualquer pacote ótico adequado, operar em uma variedade de modos (p.ex., formatos de refletância ou transflectância interna), como registrado na patente U.S. nº 7.339.657. Por exemplo, com referência à figura 3A, os sensores de acordo com configurações da presente invenção podem compreender uma fonte de luz 32, um refletor 33 e um detector 34 configurados para um modo de operação de refletância interna. Do mesmo

modo, o modo de transmitância (figura 3B) e modos de dispersão luminosa 24 (figura 3C) podem ser implementados. Estas configurações podem incluir a formação de uma trajetória aberta ou canal 31 no refletor 33 para permitir fluido escoar entre um par de superfícies óticas opostas, provendo assim uma trajetória de transmissão para o feixe ótico. No modo de transmitância, a medição de absorção é proporcional à espessura do canal 31. Consequentemente, este canal pode ser formado como, por exemplo, uma fenda estreita para fluidos opacos ou altamente absorventes, ou como uma cavidade ou canal mais larga para amostras de absorção mais baixa.

[0039] Deve ser notado que no modo de transmissão (figura 3B), múltiplos componentes de fonte de LED podem ser configurados em vizinhança próxima ou coabalados com uma trajetória de luz quase comum. O sistema pode utilizar um conjunto comparável de detectores (ou um conjunto reduzido de detectores) dependendo da trajetória de feixe final e divergência através da estrutura ótica (não ilustrada). Esta é uma faceta importante e é utilizada nos monitores de qualidade de fluido para permitir monitoramento multicomponente. Por exemplo, um sistema de monitoramento de qualidade de DEF pode ser provido o qual utiliza LEDs (e correspondentes detectores) em um comprimento de onda de referência, e comprimentos de onda correspondendo a picos de absorção de dois ou mais fluidos em uma amostra de dois ou mais fluidos, tal como três LEDs em comprimentos de onda de 810 nm (referência), 970 nm (que corresponde a picos de absorção em água e hidroxila), e 1050 nm (que corresponde a um pico de absorção em uréia).



[0040] Referindo-se geralmente às figuras 4A e 4B, configurações da presente divulgação incluem sensores do estilo de inserção usados para medir uma ou mais propriedades de líquidos (sensor 40, figura 4A) e gases/vapores (sensor 41, figura 4B). Os sensores 40, 41 são mostrados utilizando uma configuração de refletância interna. Cada sensor 40, 41 compreende um pacote de eletrônicos 49 para controlar os ótico-eletrônicos do sensor incluindo LED(s) 42 e detector(es) 44 em combinação com um refletor 43 (p.ex., um refletor fendido. Note que o número de detectores usados é uma função da área de iluminação (a partir da fonte), da sensibilidade desejada (como definida pela razão de sinal para ruído, SNR) e do espaço disponível. Na configuração ilustrada, o sensor 40 pode ser usado em um ambiente de inserção de líquido configurado para comprimentos de trajetória mais longos. Neste leiaute o refletor 43 está localizado a uma distância que proveja o comprimento de trajetória líquido desejado, enquanto levando em conta a trajetória total atravessada pela radiação retrorrefletida. O sensor 41 compreende um comprimento de trajetória estendido 45 e é intencionado para medições de gás e vapor. Outras configurações podem incluir uma barreira térmica protetora opcional 46 intencionada para gás de exaustão ou outras aplicações de alta temperatura (p.ex., através de um tubo de exaustão 48). A introdução dos gases no sensor 41 é passiva e depende da permeação dos gases/vapores através de um meio tal como uma gaze ou membrana de aço inoxidável 47.

[0041] Referindo-se geralmente às figuras 5A-5C, os sensores de acordo com as configurações da presente divulgação também incluem pacotes em linha e submersíveis.

Por exemplo, a figura 5A é uma vista de seção transversal ilustrando um sensor em linha (de fluxo passante) 50 com um inserto retrorrefletivo ajustável 53, e um pacote de eletrônicos 51 incluindo pelo menos uma fonte de luz 52 e pelo menos um detector 54. Este inserto intercambiável 53 pode ser usado para ajuste fino do comprimento da trajetória ótica, ou tipo de refletor, sem a necessidade de substituir todo o pacote sensor. Como ilustrado, a energia a partir da fonte luminosa 52, tipicamente um dispositivo multicomprimento de onda, passa pelo fluido na câmara 55 e de volta para o detector 54 ao longo da trajetória mostrada na figura 5A. A energia transmitida (tipicamente UV-visível-NIR) interage com o fluido da amostra, com as absorções características do fluido modificando a transmissão de luz do fluido, e é subsequentemente detectada pelo detector 54. A seletividade da absorção é definida pelos comprimentos de onda da(s) fonte(s), a qual também pode ser afetada pela combinação com os filtros óticos integrados com os detectores. A figura 5B mostra uma vista em perspectiva exemplar do sensor 50 da figura 5A, incluindo os conectores 57, 58 em comunicação com a câmara 55 para interfacear com uma trajetória de alimentação de fluido (p.ex., uma linha de combustível).

[0042] Em uma configuração alternativa ilustrada na figura 5C, o sensor 51 opera em um modo de "confrontação", onde o pacote de eletrônicos 51 inclui uma fonte de luz 52, (p.ex., um LED) e um detector 54 localizados geralmente opostos entre si, entre os quais está arranjado uma área de detecção 59. Embora o sensor 51 possa ser intencionado a ser usado como um sensor submersível que pode ser localizado dentro, por

exemplo, de um tanque de dosagem de fluido, esta configuração não está restrita à utilização em tanque, e pode ser integrada em um sistema de fluxo passante.

[0043] As geometrias mostradas para os sensores ilustrados nas figuras 4A e 5A-5C anteriores são baseadas nos perfis de absorção para os fluidos comuns nas regiões espectrais NIR até intermediária de IV provendo comprimentos de trajetórias de uns poucos milímetros até cerca de 50 mm. O comprimento de trajetória de medição de gás para a implementação de gás mostrada na figura 4B pode ser mais longo, e com a geometria dobrada um comprimento de trajetória de até 500 mm pode ser considerado. Entretanto, uma configuração em tanque alternativa da presente divulgação para medir tanto nível de fluido quanto qualidade/composição de fluido em uma aplicação em tanque está ilustrada nas figuras 6A-6C. Nesta configuração de modo de confrontação, o comprimento da trajetória é definido pelo volume de fluido em um tanque 68 e a profundidade antecipada do fluido. Nesta configuração, a profundidade a ser medida pode ser de um líquido, e não de um gás, o volume acima do nível de líquido sendo de gases. Mais especificamente, o sensor 60 é alojado em um corpo ou alojamento poroso alongado 61, o qual pode ser na forma de um tubo oco, que pode ser cilíndrico. Os componentes ativos (p.ex., uma fonte de luz/LED(s)) 62 do sensor podem ser montados na extremidade inferior do alojamento 61 (figura 6C). O receptor ou detector 64 pode ser arranjado em uma extremidade oposta (figura 6B), por exemplo, no topo do tanque 68 com eletrônicos de controle e processamento de dados associados 65. A fonte de luz 62 e o detector 64 podem ser arranjados e orientados desta forma tal que a fonte de

luz 62 transmite radiação ao longo do corpo de uma extremidade até a outra, e pode adicionalmente em uma configuração transmitir radiação através do interior oco do corpo 61 para o detector 64. A montagem da fonte de luz 62 dentro do corpo oco pode tender a proteger a fonte de luz 62 contra choque físico. A fiação para transmitir energia e sinais de controle para a fonte de luz 62 pode ser compactada em uma unidade selada incluindo uma ou mais baterias ou outra(s) fonte(s) interna(s) de energia. Nesta configuração, a absorção absoluta medida pode ser correlacionada inicialmente com o comprimento da trajetória ou profundidade do fluido, e as absorções relativas dos componentes do fluido são determinadas e correlacionadas com a(s) razão(ões) dos principais componentes. Mais especificamente, referindo-se geralmente à figura 14, o sensor 60 das figuras 6A-6C pode ser usado em um processo de medição 90 para determinar a profundidade de um volume de fluido. Em uma configuração, uma fonte de luz (p.ex., LED 62) é operativa para transmitir energia luminosa através de um volume de fluido (etapa 92). Esta energia é subsequentemente detectada na etapa 94 por um detector (p.ex., detector 64). Na etapa 96, uma comparação é feita entre a magnitude da energia transmitida pelo LED 62 e a magnitude da energia recebida pelo detector 64 para calcular a energia absorvida pelo fluido. Finalmente, na etapa 98, este valor de absorção é comparado com um relacionamento de absorção vs. profundidade pré-determinado, o qual pode ser armazenado em um dispositivo de memória incorporado nos eletrônicos 65, para estimar ou determinar a profundidade do fluido. Este valor de profundidade estimado ou determinado pode ser emitido para, por exemplo, um

dispositivo de display na etapa 99. Como será entendido por alguém de experiência ordinária na técnica, estes cálculos podem ser executados por componentes de processamento incorporados nos eletrônicos de controle (p.ex., eletrônicos 65).

[0044] Cada uma das configurações de sensores descritas acima que formam a base de um sistema de medição de estado sólido utiliza uma fonte espectralmente seletiva (p.ex., um LED) e um detector. As configurações descritas aqui podem utilizar interfaceamento ótico baseado em, por exemplo, linha direta de acoplamento de visão da(s) fonte(s) e detector(es) (isto é, modo de confrontação), ou por uma configuração de transflectância, como registrado em mais detalhes na patente U.S. nº 7.339.657.

[0045] Em uma configuração, os detectores compreendem um ou mais detectores baseados em silício. Os detectores de fotodiodo de silício têm as vantagens de alta sensibilidade através de uma ampla região espectral (nominalmente 350 nm a 1.100 nm), linearidade, robustez, disponibilidade de um grande número de opções de empacotamento, e baixo custo. Outros detectores de luz de estado sólido podem ser implementados sem se desviar do escopo da presente divulgação, tais como componentes de InGaAs, PbS/PbSe e MEMS.

[0046] Com relação às fontes de luz, os LEDs oferecem as vantagens de especificidade de cor ou comprimento de onda, emissão constante, baixo consumo de energia, nenhuma emissão térmica significativa, capacidade de modulação de frequência de emissão, compacticidade e robustez, disponibilidade em um grande número de opções de empacotamento, e custo extremamente baixo. Uma faixa relativamente ampla de

comprimentos de onda espectrais estão comercialmente disponíveis de prateleira para fontes de LED de 240 nm (UV remoto) a 3.000 nm (IV-intermediário). Comprimentos de onda mais longos também estão disponíveis. Do mesmo modo os detectores de estado sólido podem ser combinados com filtros óticos para prover seleção de comprimento de onda. Esta integração pode ser uma combinação física de um elemento de filtro com o dispositivo detector, ou o filtro pode ser processado no dispositivo detector no nível do folheado.

[0047] Além disso, certos LEDs são comercialmente disponíveis com detectores combinando, exemplos sendo os LEDs NIR de ondas curtas, que são comumente usados para monitoramento e controle "infravermelho" remoto. Certos LEDs podem operar em dois ou mais estados produzindo mais que um comprimento de onda (tal como vermelho, amarelo e verde) a partir de um único dispositivo. Isto permite um design muito compacto usando uma única fonte e único detector, e onde a emissão para comprimentos de onda individuais é diferenciada por diferentes frequências de modulação. Em certos sistemas de medição até quatro ou cinco ou mais comprimentos de onda únicos (por exemplo, azul, verde, amarelo, vermelho e comprimentos de onda NIR) serão monitorados, cada um como comprimentos de onda individuais, cada um detectado por um único (ou múltiplos) detector, e diferenciado baseado na frequência de modulação. Os múltiplos canais serão modelados para prover perfilamento de cor e múltiplas determinações de componentes. Os pacotes de LED incluindo múltiplos LEDs podem ser usados na implementação desta configuração dos ótico-eletrônicos.

[0048] Configurações da presente divulgação também podem

implementar um ou mais circuitos integrados para executar processamento de dados óticos, compensação ótica, compensação de temperatura, processamento de sinal analógico e digital, e comunicações externas. Por meio de exemplo não limitante somente, as configurações dos sensores descritas aqui podem ser compreendidas de um ou mais LEDs modulados independentemente acoplados a um sistema de feedback ótico para monitorar as emissões dos LEDs independente do canal de amostragem. Este sistema pode incluir compensação para desvio na emissão dos LEDs como uma função de temperatura. O detector de feedback pode ser localizado em vizinhança próxima ao detector de sistema (p.ex., após a interface ótica) para modelar as mudanças de respostas do sistema detector. Em uma implementação alternativa dos LEDs, um comprimento de onda de referência é usado como um ponto de referência base. Tal referência está localizada em um comprimento de onda que não absorve ou interage com o fluido. Uma implementação exemplar é usada para medições de DEF, onde um LED de 810 nm é usado como um comprimento de onda de referência. Este comprimento de onda secundário provê uma referência independente de absorção da amostra, e como tal pode prover uma razão direta  $I_0/I$  que é usada para calcular a absorção efetiva (proporcional à concentração de espécies):  $\text{absorção} = -\log(I_0/I)$ , onde  $I_0$  é a intensidade da referência, e  $I$  é a intensidade após a absorção da amostra. O sistema ótico e de eletrônicos pode ser uma única placa ou dispositivo de circuito integrado, possivelmente apresentando (mas não explicitamente) circuitos integrados específicos para aplicação (ASICs) para lidar com os sinais, computações e comunicações de dados. Este componente ótico-eletrônico

integrado pode ser encapsulado, e pode incluir alguns elementos óticos de formação de imagem, realizados por alguma forma de elementos óticos na frente da(s) fonte(s) e detector(es).

[0049] A colocação dos elementos ótico-eletrônicos (isto é, os LEDs e detectores) é importante para garantir ótima formação de imagem através da estrutura de interfaceamento ótico. Em um ambiente standard, com temperaturas operacionais moderadas, os ótico-eletrônicos são acoplados próximos à estrutura de interfaceamento ótico. As distâncias típicas são esperadas a ser de cerca de 1 mm até 1 metro (1 m) ou maiores. Nas distâncias mais curtas, nenhum elemento ótico de formação de imagem é contemplado. Entretanto, em distâncias maiores, lentes suplementares produzidas de vidro ou plástico podem ser colocadas na frente da(s) fonte(s) de LED e detector(es) para melhorar a qualidade da imagem. As alternativas incluirão o uso de conduto de luz, a partir da estrutura de interfaceamento ótico até os ótico-eletrônicos. Os condutos de luz podem ser na forma de hastes de vidro ou plástico (combinadas indexadas ou de outra forma) ou fibras óticas.

[0050] O empacotamento das configurações da presente divulgação podem incluir fabricar alojamentos a partir de materiais de baixo custo. Os exemplos podem incluir moldagens de alumínio ou extrusões, plásticos usinados, moldagens e extrusões de plástico, e malha metálica porosa, como no caso de sensores submersíveis (figuras 5A-6C). Fluidos tais como DEF podem ser agressivos para materiais tais como alumínio, e metais tais como aço inoxidável. Os componentes de pacotes de sensores podem ser feitos de plásticos tais como



poliolefinas, polisulfonas e poliéteres (tal como resina acetal da marca DELRIN® de E.I. DuPont de Nemours and Company), por meio de exemplo, para evitar a corrosão ou danos a partir do fluido. A seleção do material será baseada nos requisitos da aplicação e custo. Em casos onde aplicações de alta temperatura estejam envolvidas (80°C ou mais altas), uma provisão para prover nervuras externas de resfriamento e o uso de materiais termicamente isolantes entre a estrutura ótica e os ótico-eletrônicos são providos como opções no design.

[0051] Como registrado acima, os pacotes de sensores devem ser capazes de funcionar confiavelmente em condições ambientais severas. Por exemplo, os sensores de fluido em uma aplicação automotiva encontram temperaturas de -40°C a 80°C para instalações externas, e -40°C a 130°C para aplicações sob o capô (para motores) para fluxo de fluido, e até 200°C para temperaturas de armazenagem instantâneas. Os sensores têm faixas de temperatura operacional recomendadas para aplicações específicas. Uma especificação primária é que o sensor possa sobreviver à faixa de temperatura sem sustentar danos físicos, mecânicos ou eletrônicos. Uma especificação adicional de temperatura é uma faixa para operação real. Esta está tipicamente ligada à faixa de temperatura de trabalho do fluido. Um exemplo prático é DEF, onde o fluido congela abaixo de -11°C, e pode se degradar em temperaturas acima de 60°C.

[0052] O congelamento de sistemas aquosos é especialmente problemático onde exista uma área cativa onde fluido sai ou escoar (p.ex., em um sistema fechado). Por exemplo, a água pode se expandir até 10% em volume à medida que ela congela.

Certos fluidos, tais como certos DEFs, também se expandem em volume com o congelamento. Portanto, é importante prover um método que acomode esta expansão. Sem consideração, a estrutura retendo o fluido, ou os sensores incluídos nela, podem ser tensionados mecanicamente, e podem se romper ou fraturar.

[0053] Referindo-se geralmente às figuras 7A-7C, as configurações da presente divulgação incorporam uma configuração de um pacote de sensor ótico, tal como um sensor de propriedade de fluido em linha, que provê proteção contra congelamento severo e impede ou alivia danos físicos com o congelamento de um fluido contido nele. Estas configurações incluem um mecanismo que se comporta como um pistão trabalhando contra a contrapressão de uma mola de alta tensão. Mais especificamente, uma configuração de um sensor 74 tendo orifícios 75 (p.ex., em uma entrada e uma saída) arranjados nele, e uma parte superior 72 (figura 7C). A porção inferior 74 do alojamento define uma cavidade interna 71 em comunicação com os orifícios 75 para prover um fluido a ser amostrado nela. Um portador de sensor similar a pistão 76 é arranjado movelmente dentro da cavidade interna 71. O portador 76 pode ser montado elasticamente na cavidade 71, tal como por linguetas de pressão flexíveis unindo o portador 76 a uma parede interna da cavidade 71, desta forma tanto pressionando quanto retendo o portador 76. Um elemento de mola 80, que pode ser uma arruela Belleville, é arranjado entre uma porção do alojamento e o porta-sensor 76. Um pacote ótico 73 é arranjado em e carregado pelo porta-sensor 76. O porta-sensor 76 é selado em uma parede interna da porção inferior 74 pelo elemento de selagem 79, que pode ser um anel

o-ring duplo, tornando a cavidade 71 uma cavidade fechada para transmissão de fluido via os orifícios 75. À medida que um fluido dentro da cavidade 71 se expande com o congelamento, se o material congelado contatar e aplicar força excedendo a força de retenção do elemento de mola 80 ao pacote ótico 73 e/ou portador 76, o portador 76 é deslocado geralmente para cima contra a força de pressionamento do elemento de mola 80. Este deslocamento alivia as tensões que poderiam de outra forma provocar a quebra ou danos a quer o alojamento ou o pacote ótico. À medida que o fluido congelado se funde com temperatura aumentada, o pacote ótico 73 é forçado de volta para sua posição operacional contra um batente mecânico fixo 81 definido no alojamento via a pressão exercida pelo elemento de mola. Este arranjo de pressão de mola e batente fixo 81 garante que a integridade do comprimento da trajetória e alinhamento ótico sejam mantidos, ou re-realizados, quando o portador 76 é retornado para a posição operacional apesar do movimento do pacote ótico durante as condições de congelamento. O elemento de mola 80 pode ser selecionado tal que o portador 76 não seja deslocado sob pressões operacionais normais do fluido. Uma placa de circuito 83 pode ser provida, incluindo circuitos de controle, para operar o pacote ótico do sensor.

[0054] Quando usados em uma aplicação em modo de fluxo, abaixo do ponto de congelamento, material sólido fica geralmente retido dentro dos pacotes de sensores. Mesmo à medida que estes sistemas descongelam com temperatura aumentada, a retenção em curto prazo de material sólido pode, entretanto, restringir o fluxo de fluido através do sensor. Para que o sensor não restrinja o sistema, pode haver um

requisito de descongelar o sensor, ou de impedir o fluido contido nele de congelar, para permitir a operação do sistema. Isto pode ser provido via um elemento aquecedor embutido 78 arranjado dentro do alojamento de sensor 72, 74. O elemento aquecedor 78 pode compreender um elemento físico (p.ex., um polímero eletricamente condutivo ou outro material tendo propriedades eletricamente resistivas) provido, por exemplo, ao redor de uma porção exterior da cavidade 71, ou pode ser integrado no alojamento de sensor 72, 74. Em tal configuração, a placa de circuito 83 pode adicionalmente ser configurada com um detector de temperatura, e prover energia elétrica para o elemento aquecedor 78 em resposta a detectar uma temperatura em ou abaixo do ponto de congelamento do fluido. A placa de circuito 83 pode ser adicionalmente configurada para detectar material congelado via processamento de sinais óticos. Em uma outra configuração, o componente aquecedor é arranjado externamente a uma parede externa do pacote de sensor na forma de um lençol aquecedor.

[0055] Referindo-se geralmente à figura 8A, usando configurações dos sensores descritos aqui em um sistema de fluido binário simples, tal como em um sistema DEF, o espectro de absorção dos dois componentes principais (isto é, água 81 e DEF 82) pode ser separado espectralmente. Medições de concentração são obtidas pelo uso de dois ou mais LEDs que representem os comprimentos de onda analíticos para a análise. Os comprimentos de onda destes LEDs estão indicados nas figuras 8B e 8C, onde comprimentos de onda analíticos para água, uréia e um comprimento de onda de referência estão definidos. A medição pode ser reforçada executando a medição como um diferencial, onde a resposta da água é referenciada

contra a resposta de DEF. Usando cálculos de absorção espectral normais baseados na absorção dos comprimentos de onda analíticos para água e uréia referenciados contra um comprimento de onda de referência, uma função de calibração 85 para DEF pode ser derivada (figura 8D).

[0056] Experimentos executados através de várias faixas de temperaturas operacionais indicam que tanto eletrônicos quanto muitos fluidos exibem uma sensibilidade à temperatura que resulta em imprecisões em parâmetros medidos. De acordo com uma configuração aqui, esta histerese pode ser modelada observando as respostas do sensor com diferentes definições de temperatura para o sensor imerso em vários tipos de fluido. A partir destas observações uma série de curvas de resposta podem ser derivadas. O ajuste matemático mostrou que estas funções são reproduzíveis e são facilmente ajustadas a uma função polinomial simples. Mais especificamente, as funções de resposta à temperatura tanto do fluido quanto do sensor podem ser representadas por um polinômio de segunda ordem simples. Um cálculo exemplar para executar esta modelagem térmica está esboçado abaixo.

[0057] Na figura 15, um sensor ótico baseado em LED 100 está esquematicamente ilustrado e configurado para medir a composição de DEF de um fluido. O sensor exemplar 100 pode compreender dois pacotes óticos A, B, cada um compreendendo dois LEDs. O pacote A contém LEDs de comprimento de onda 810 nm e 970 nm 101, 102, enquanto o pacote B contém LEDs de comprimento de onda de 810 nm e 1050 nm 101, 103. Na configuração exemplar, existe um LED de 810 nm 101 em cada pacote porque a luz de 810 nm não é afetada por água ou DEF e, como tal, eles podem ser usados como uma referência e

podem ser empregados para compensar variações resultantes de diferenças de comprimentos de trajetórias. Deste modo, uma razão de "1050/810" representa a quantidade relativa de intensidade de luz de 1050 nm comparada com a intensidade de luz de 810 nm. O mesmo é verdadeiro para uma razão de "970/810". Os pacotes óticos A, B compreendem adicionalmente respectivos detectores de referência 105 responsivos à emissão dos emissores de referência 101, bem como detectores 106, 107 responsivo aos emissores 102, 103, respectivamente. O sensor 100 compreende adicionalmente um processador 109 responsivo a um sensor de temperatura 110 para medir a temperatura de um fluido 104 a ser amostrado, e para executar as etapas abaixo descritas para calcular a composição do fluido. O dispositivo de memória 108 é provido para armazenar temperatura pré-determinada para razões de absorção/intensidade de DEF e água. Mais especificamente, o dispositivo de memória 108 pode armazenar dados de calibração, incluir valores de intensidade de radiação transmitida através da água na frequência de referência; a frequência correspondendo a um pico de absorção de água; a frequência correspondendo a um pico de absorção de DEF; valores de intensidade transmitidos por DEF na frequência de referência; a frequência correspondendo a um pico de absorção de DEF; e a frequência correspondendo ao pico de absorção de DEF.

[0058] Em operação, o sensor 100 liga um LED por vez em sequência, a luz do LED é transmitida através de um volume específico do fluido DEF. À medida que a luz atravessa o fluido, certas ligações químicas no fluido absorvem energia em comprimentos de onda específicos de luz. Por exemplo, a

figura 89 ilustra um espectro de emissão de LED e o espectro de absorção de DEF (também chamado intercambiavelmente DEF) a 20°C. Como mostrado, a ligação OH na água absorve em 970 nm, enquanto a ligação NH em uréia absorve em cerca de 1.050 nm. Medindo a energia relativa detectada pelo detector, a quantidade de luz absorvida nestes dois comprimentos de onda é medida, e tendo uma referência para cada LED para normalizar as variações de trajetórias óticas, a concentração de uréia em água pode ser calculada.

[0059] Na prática, a concentração de uréia nominal em DEF é 32,5% uma vez que ela provê o ponto de congelamento mais baixo; esta concentração de uréia é considerada a ser 100% DEF. Consequentemente, um algoritmo de acordo com uma configuração da presente invenção pode usar as razões de absorção de 1050/970 de água pura para ser 0% DEF e as razões de absorção de 1050/970 de DEF puro para serem 100% como pontos extremos na calibração:

DA(T) representa a diferença entre os LEDs 1050 nm e 970 nm a uma dada temperatura em DEF puro:

$$\begin{aligned} DA(T) &= 1050/810B(DEF) - 970/810A(DEF) \\ &= da2 * T^2 + da1 * T = da0 \end{aligned}$$

DT(T) representa a diferença entre a razão escalada de água pura, menos a razão de DEF escalada:

$$\begin{aligned} DT(T) &= (1050/810B - 970/810A)W - (1050/810B - 970/810A)DEF \\ &= dt2 * T^2 + dt1 * T + dt0 \end{aligned}$$

[0060] Um termo de escalagem O(T) pode ser provido para normalizar os dois sinais de 810 nm se necessário:

$$O(T) = o2 * T^2 + o1(T) = 02$$

[0061] A razão de absorção de 1050;/970 do fluido "medido" de composição desconhecida é então escalada linearmente

usando as razões de 0% e 100% calibradas anteriormente:

$$DM = 100 * O(T) * 1050_{\text{raw}} / 810_{\text{Braw}} - 100 * 970_{\text{raw}} / 810_{\text{Araw}}$$

[0062] Finalmente, a composição de DEF do fluido pode ser calculada de acordo com o seguinte relacionamento:

$$\%DEF = 100 * ((DT(T) + DA(T)) - DM) / DT(T)$$

[0063] Como as razões de absorção são uma função forte de temperatura em várias concentrações, os pontos definidos 0% e 100% podem ser ajustados para a temperatura real durante as medições.

[0064] A composição de DEF calculada compreende uma extrapolação linear, incluindo uma função normalizadora para as diferenças de LED de 810 nm ( $O(T)$ ), e é uma função da temperatura do fluido. A figura 10 provê saídas tanto corrigida quanto não corrigida para temperatura a partir de um sensor exemplar, ilustrando os benefícios funcionais do algoritmo de correção de temperatura descrito acima.

[0065] Ao determinar a concentração por um pacote de eletrônicos de acordo com uma configuração, dados de calibração incluindo dados de interpolação linear dependentes da temperatura entre primeiro fluido puro e dados de intensidade de segundo fluido puro podem ser armazenados em um dispositivo de memória e acessados por um processador.

[0066] Referindo-se geralmente à figura 11, emissões exemplares de um sensor para mudanças na concentração do fluido são mostradas. De acordo com uma configuração da presente divulgação, usando um computador de controle responsivo à emissão de um ou mais sensores, códigos de erros podem ser gerados os quais mostrem a concentração estando abaixo de um nível aceitável. No caso de DEF este valor pré-determinado 110 pode ser aproximadamente 80%. Outros códigos



de erros que podem ser considerados baseados em respostas de absorção relativa e/ou absoluta dos LEDs incluem sensor vazio, sensor sujo, fluido sujo e/ou fluido errado, uma vez que ele seja pertinente à presença de refrigerante ou combustível, por exemplo.

[0067] Embora as configurações descritas acima da presente divulgação tenham sido descritas primariamente no contexto de um sistema aquoso, deve ficar entendido que as aplicações dos sensores descritas aqui não estão limitadas a este fluido, e misturas tais como misturas refrigerantes podem ser consideradas. Também, sistemas não aquosos podem ser considerados, tais como combustíveis. Por exemplo, a determinação de teor de etanol de misturas de gasolina-etanol pode ser especialmente útil dado ao uso hoje em dia de aplicações de combustível flex. Uma função de resposta espectral exemplar para sistemas de gasolina-etanol está ilustrada na figura 12. Do mesmo modo, um outro sistema de combustível que possa ser medido pelo sensor de qualidade/composição é a quantidade de biodiesel usada em misturas biodiesel. Estas misturas envolvem misturas com diesel de petróleo, onde o teor de biodiesel pode variar de zero, B0, até 5% B5, até 100% B100. Com o uso de, por exemplo, um sistema de 6 LEDs, o sensor pode ser adaptado para monitorar misturas de biodiesel. Uma função de resposta espectral para este sistema está ilustrada na figura 13.

[0068] Aplicações exemplares para as configurações descritas aqui incluem as seguintes:

- a) Avaliação da qualidade e monitoramento da composição de fluido de emissão de diesel (aqui DEF e AdBlue®),
- b) Composição de combustíveis misturados, incluindo

biocombustíveis, tais como misturas de biodiesel e misturas de gasolina-etanol,

c) Monitoramento de gases e vapores, com um exemplo de componentes NOx em gases de exaustão e escape,

d) o monitoramento de oxidação/acidez em óleos lubrificantes da transmissão e outros,

e) a medição da condição do óleo em motores a gasolina e de queima de gás natural baseado na formação de produtos de oxidação e nitro-oxidação,

f) a medição de água dispersada (níveis elevados) em sistemas de óleo hidráulico e de lubrificação,

g) a medição de turbidez, que pode resultar de água, arraste de ar e/ou particulados ou outros materiais insolúveis em fluidos funcionais,

h) a medição da condição do refrigerante, baseado em cor, composição e turbidez,

i) a medição de materiais de marcador para compatibilidade, utilização e/ou condição do fluido (marcadores coloridos adicionados para indicar mudanças químicas), incluindo marcadores de combustível,

j) o monitoramento da condição do ácido da bateria (potência ácida), baseado em um indicador colorido, etc.

k) monitoramento de fluido do eixo traseiro quanto ao nível e decomposição

l) a medição da densidade de fluido baseada em índice de refração

[0069] As configurações exemplares da presente divulgação podem incluir:

[0070] Um sensor de qualidade de uréia (UQS): Um sensor baseado em medições de transmissão ótica com um comprimento

de trajetória definido pelo método espectral de medição. O fluido é considerado a ser um sistema de dois componentes, envolvendo água e uréia como os designados e únicos ingredientes, e onde a medição espectral é baseada nas absorções únicas da funcionalidade de amino da uréia,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , e na funcionalidade de hidroxila da água,  $\text{H}_2\text{O}$  ou  $\text{HO}-\text{H}$ . Aqueles experientes na técnica de espectroscopia ótica e vibracional reconhecerão que estas são funcionalidades bem definidas e únicas e podem ser medidas em pelo menos cinco regiões da faixa espectral total do visível ao infravermelho intermediário. Por conveniência e em linha com o objetivo de definir uma solução efetiva em custos a região de medição selecionada é o infravermelho próximo de onda curta, onde os comprimentos de onda são selecionados de 970 nm a 1050 nm para a medição destas duas funcionalidades. Estes comprimentos de onda podem ser monitorados por LEDs com emissões nominais em 970 nm e 1050 nm. Como registrado acima, a medição pode ser maximizada para faixa dinâmica por uma medição diferencial, referenciada a um comprimento de onda standard interno em 810 nm para prover uma função de calibração. Isto pode ser feito considerando que existem só dois componentes que são supostos a estar no fluido.

[0071] Composição de mistura para biocombustíveis: Existem duas utilizações comuns para biocombustíveis para aplicação automotiva e de motor a combustão e estas são para biodiesel (ácido graxo metil ésteres ou FAME) e para etanol. Em ambos os casos o combustível é usado como uma mistura, com diesel de hidrocarbonetos, standard, para biodiesel, e com gasolina standard para etanol. Estas são algumas vezes designadas como misturas-B (B0 a B100) para biodiesel e misturas-E (E0 a

E100) para misturas de etanol, onde o número designa o teor de biocombustível. Como a aplicação anterior para DEF, assinaturas espectrais de infravermelho podem ser definidas as quais ocorreram repetidamente através de todo o próximo a infravermelho e infravermelho intermediário, e que estas podem ser convenientemente medidas no infravermelho próximo de ondas curtas. A medição para etanol em gasolina é similar àquela de DEF, onde dois comprimentos de onda analíticos, definindo o CH do hidrocarboneto e OH do etanol podem ser selecionados e usados em relação a uma referência comum em 810 nm (nenhuma absorção neste ponto). A medição de biodiesel é uma mais complexa e requer que mais comprimentos de onda sejam usados. Neste caso a informação de CH é usada para ambos os componentes, em um caso o CH associado com o hidrocarboneto é usado e no outro o CH a partir do carbono adjacente à funcionalidade éster é usado.

[0072] Monitoramento de gases e vapores: A espectroscopia ótica pode ser usada para a detecção e monitoramento da composição de gases e vapores, e estas medições podem ser executadas através de toda a região espectral inteira do UV até o infravermelho intermediário. Em baixa concentração um comprimento de trajetória mais longo é requerido e um exemplo da extensão da trajetória é provido na configuração retrorrefletiva do sensor, como ilustrado na figura 4B. Existe um desejo de ter uma medição de baixo custo de NOx. Isto pode ser realizado no UV usando LEDs UV, para monitorar NO e NOx. Esta medição espelha o método usado industrialmente para a medição de fase gasosa destes dois componentes de emissão de NOx.

[0073] Monitoramento de densidade via índice de refração:

O índice de refração varia como função da composição e concentração do material. Estas se correlacionam bem com mudanças de densidade em um fluido. Tanto a densidade quanto a viscosidade são usadas para sistemas de fluidos tais como DEF para uma medição aparente de concentração de material, com uréia sendo o componente relevante em DEF. Vários sensores comerciais utilizam medições de densidade ou relacionadas com densidade para monitorar mudanças na concentração de uréia de DEF. O sensor ótico descrito na patente U.S. nº 7.339.657 usa uma ponta de sensor refrativa que pode ser adaptada para medir índice de refração. As mudanças do índice são monitoradas como mudanças de atenuação ótica, e estas podem ser correlacionadas, por calibração, com mudanças do teor de uréia. Este papel para o sensor não está limitado à medição de concentração de DEF, e o sensor pode ser aplicado a outras combinações de fluido, incluindo misturas de fluido e misturas refrigerantes.

[0074] Monitoramento de produtos da oxidação e nitração em motores a gasolina e de queima de gás: Tem sido demonstrado satisfatoriamente que o espectro ótico pode modelar e tender tanto à oxidação quanto à nitro-oxidação se múltiplos comprimentos de onda forem monitorados nas regiões NIR visível e de ondas curtas. À medida que o óleo se oxida e se degrada, estruturas de ligação dupla estendida são formadas como parte das aldol condensações que ocorrem na trajetória da degradação. Estes materiais eventualmente se tornam lama orgânica insolúvel que se separa do óleo após uso prolongado. À medida que as estruturas de ligação dupla estendida se formam, o comprimento de onda de absorção destes materiais se desloca para a extremidade vermelha do espectro, e

eventualmente para dentro de NIR de ondas curtas. Elas podem ser rastreadas monitorando os comprimentos de onda visíveis (verde, amarelo, vermelho) e o NIR. Também, a formação de componentes nitro, a partir dos componentes NOx também pode ser rastreada no visível.

[0075] Monitoramento de oxidação e número de acidez em transmissões automáticas: O corante vermelho usado em fluidos de transmissão automática Dextron pode ser demonstrado a atuar como um indicador de ácido-base, refletindo a condição e a acidez do fluido durante o uso. O número de acidez de transmissões usadas em ônibus é um problema relativo a reivindicações de garantia. Um sensor a bordo capaz de modelar o valor da acidez baseado no monitoramento visível do corante pode fornecer um alerta antecipado para números de acidez inaceitáveis (relativos à garantia). Um sensor configurado de uma maneira similar ao sensor de oxidação descrito pode ser adequado, mas provavelmente sem a necessidade do canal NIR.

[0076] Embora a invenção anterior tenha sido descrita com referência à configuração descrita acima, várias modificações e mudanças podem ser feitas sem se desviar do espírito da invenção. Consequentemente, todas tais modificações e mudanças são consideradas a estar dentro do escopo das reivindicações anexas. Consequentemente, a especificação e desenhos devem ser vistos em um sentido ilustrativo ao invés de restritivo. Os desenhos anexos que formam parte deste, mostram por meio de ilustração, e não de limitação, configurações específicas nas quais a matéria em questão pode ser praticada. As configurações ilustradas são descritas em detalhes suficientes para permitir aqueles experientes na

técnica praticar os ensinamentos divulgados aqui. Outras configurações podem ser utilizadas e derivadas delas, tal que substituições e mudanças estruturais e lógicas possam ser produzidas sem se desviar do escopo desta divulgação. Esta Descrição Detalhada, portanto, não deve ser tomada em um sentido limitante, e o escopo de várias configurações é definido só pelas reivindicações anexas, junto com a faixa completa de equivalentes às quais tais reivindicações tenham direitos.

[0077] Tais configurações da matéria inventiva em questão podem ser referidas aqui, individualmente e/ou coletivamente, pelo termo "invenção" meramente por conveniência e sem pretender voluntariamente limitar o escopo deste pedido de patente a qualquer única invenção ou conceito inventivo se mais que uma for de fato divulgada. Portanto, embora configurações específicas tenham sido ilustradas e descritas aqui, deve ser apreciado que qualquer arranjo calculado para alcançar o mesmo propósito pode ser substituto para as configurações específicas exibidas. Esta divulgação é intencionada a cobrir quaisquer e todas as adaptações de variações de várias configurações. Combinações das configurações acima, e outras configurações não especificamente descritas aqui, serão aparentes àqueles experientes na técnica ao examinar a descrição acima.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para determinar em uma amostra uma concentração de um primeiro fluido em um segundo fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

- detectar uma primeira intensidade de radiação transmitida através da amostra por um primeiro feixe de um comprimento de onda de referência;
  - detectar uma segunda intensidade de radiação transmitida através da amostra por um segundo feixe de um primeiro comprimento de onda;
  - detectar uma terceira intensidade de radiação transmitida através da amostra por um terceiro feixe do comprimento de onda de referência;
  - detectar uma quarta intensidade de radiação transmitida através da amostra por um quarto feixe de um segundo comprimento de onda; e
  - determinar um valor da concentração do primeiro fluido no segundo fluido baseado pelo menos em parte nas primeira, segunda, terceira e quarta intensidades detectadas, sendo que o primeiro e o segundo feixes compreendem um primeiro comprimento de trajetória, e sendo que o terceiro e quarto feixes compreendem um segundo comprimento de trajetória,
  - detectar uma temperatura da amostra; e
  - acessar dados de calibração armazenados; e
- sendo que a etapa de determinar um valor de concentração do primeiro fluido no segundo fluido ser baseado adicionalmente no valor de:
- (a segunda intensidade/a primeira intensidade) - (a quarta intensidade/a terceira intensidade),
- a temperatura detectada, e os dados de calibração



armazenados,

sendo que o primeiro comprimento de onda corresponde a um pico de absorção do primeiro fluido, sendo que o segundo comprimento de onda corresponde a um pico de absorção do segundo fluido, e sendo que o comprimento de onda de referência é selecionado de modo que o primeiro e o terceiro feixe não são absorvidos pelo fluido.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de os dados de calibração compreenderem dados indicativos de:

(a) valores de intensidade de radiação transmitida através do primeiro fluido em (i) o comprimento de onda de referência; (ii) um comprimento de onda correspondente a um pico de absorção do primeiro fluido; e (iii) um comprimento de onda correspondente ao pico de absorção do segundo fluido; e  
(b) valores de intensidade de radiação transmitida através do segundo fluido em (i) o comprimento de onda de referência; (ii) o comprimento de onda correspondente a um pico de absorção do primeiro fluido; e (iii) o comprimento de onda correspondente ao pico de absorção do segundo fluido.

3. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de os dados de calibração compreenderem adicionalmente dados de interpolação linear dependentes da temperatura entre dados de intensidade do primeiro fluido puro e do segundo fluido puro.

4. Sistema para determinar em uma amostra uma concentração de um primeiro fluido em um segundo fluido, caracterizado pelo fato de compreender:

- pelo menos um sensor para detectar:
- uma primeira intensidade de radiação transmitida através da

amostra por um primeiro feixe de um comprimento de onda de referência;

- uma segunda intensidade de radiação transmitida através da amostra por um segundo feixe de um primeiro comprimento de onda;

- uma terceira intensidade de radiação transmitida através da amostra por um terceiro feixe do comprimento de onda de referência;

- uma quarta intensidade de radiação transmitida através da amostra por um quarto feixe de um segundo comprimento de onda; e

- um processador em comunicação com pelo menos um sensor, o processador configurado para calcular, baseado nas primeira, segunda, terceira e quarta intensidades detectadas, um valor de concentração do primeiro fluido no segundo fluido, sendo que o primeiro e o segundo feixe compreende um primeiro comprimento de trajetória, o terceiro e o quarto feixes compreendem um segundo comprimento de trajetória;

sendo que o processador é configurado para calcular o valor da concentração do primeiro fluido no segundo fluido baseado no valor de:  $(\frac{\text{segunda intensidade}}{\text{primeira intensidade}}) - (\frac{\text{quarta intensidade}}{\text{terceira intensidade}})$ ,

a temperatura detectada, e os dados de calibração armazenados,

sendo que o primeiro comprimento de onda corresponde a um pico de absorção do primeiro fluido, sendo que o segundo comprimento de onda corresponde a um pico de absorção do segundo fluido.

5. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um dispositivo de

memória em comunicação com o processador para armazenar dados de calibração.

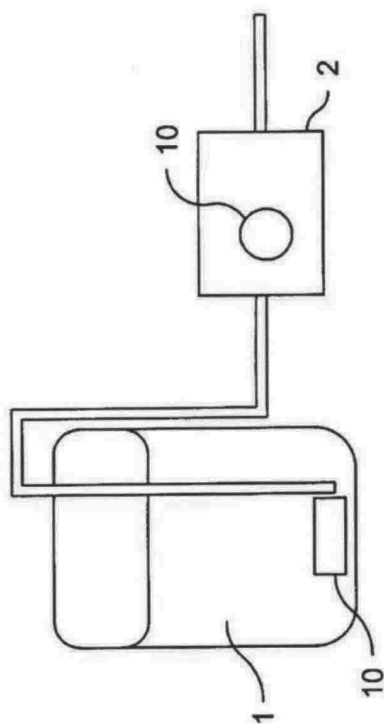
6. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 ou 5, caracterizado pelo fato de compreender adicionalmente um sensor de temperatura em comunicação com o processador para a detecção da temperatura da amostra.

7. Sistema, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de o comprimento de onda de referência ser de tal forma que os primeiro e terceiro feixes não são absorvidos pelo fluido.

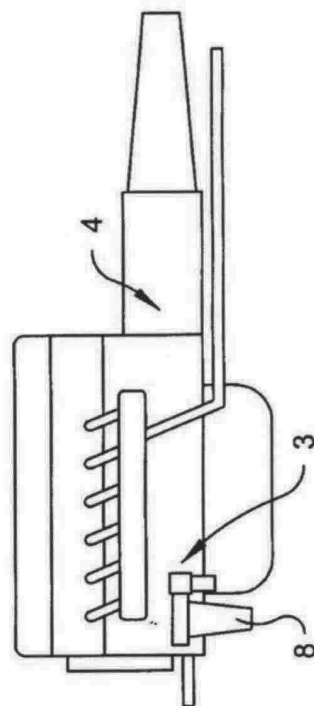
8. Sistema, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 4 a 9, caracterizado pelo fato de compreender um sensor que compreende:

- um primeiro par de detector e emissor para detectar uma primeira intensidade de radiação transmitida através da amostra por um primeiro feixe tendo um primeiro comprimento de trajetória em uma frequência de referência ( $f_{ref}$ );
- um segundo par de detector e emissor para detectar uma segunda intensidade de radiação transmitida através da amostra por um segundo feixe tendo o primeiro comprimento de trajetória em uma frequência correspondente a um pico de absorção do primeiro fluido;
- um terceiro par de detector e emissor para detectar uma terceira intensidade de radiação transmitida através da amostra por um terceiro feixe tendo um segundo comprimento de trajetória na frequência de referência;
- um quarto par de detector e emissor para detectar uma quarta intensidade de radiação transmitida através da amostra por um quarto feixe tendo o segundo comprimento de trajetória em uma frequência correspondente a um pico de absorção do

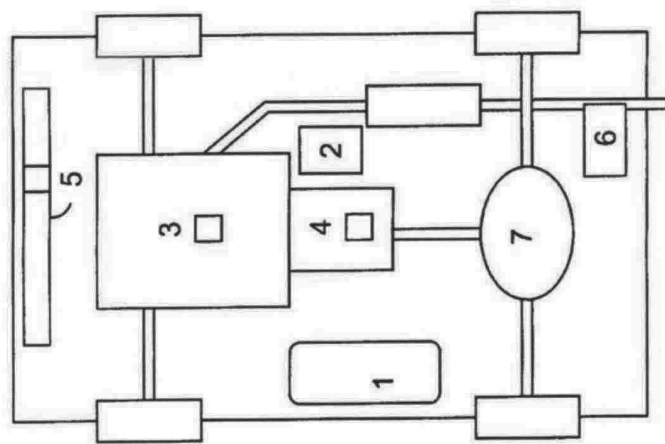
segundo fluido.



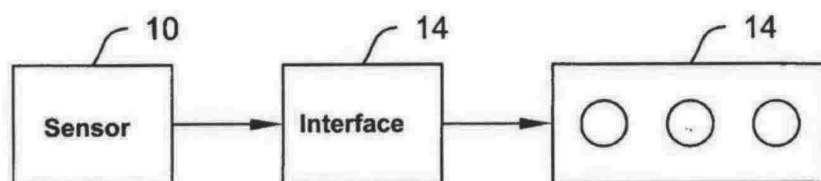
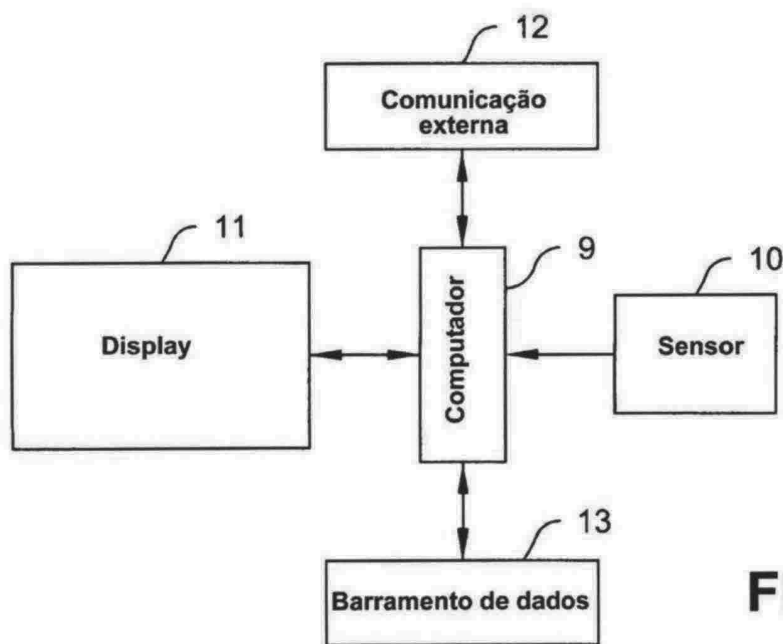
**FIG.1A**



**FIG.1B**



**FIG.1C**



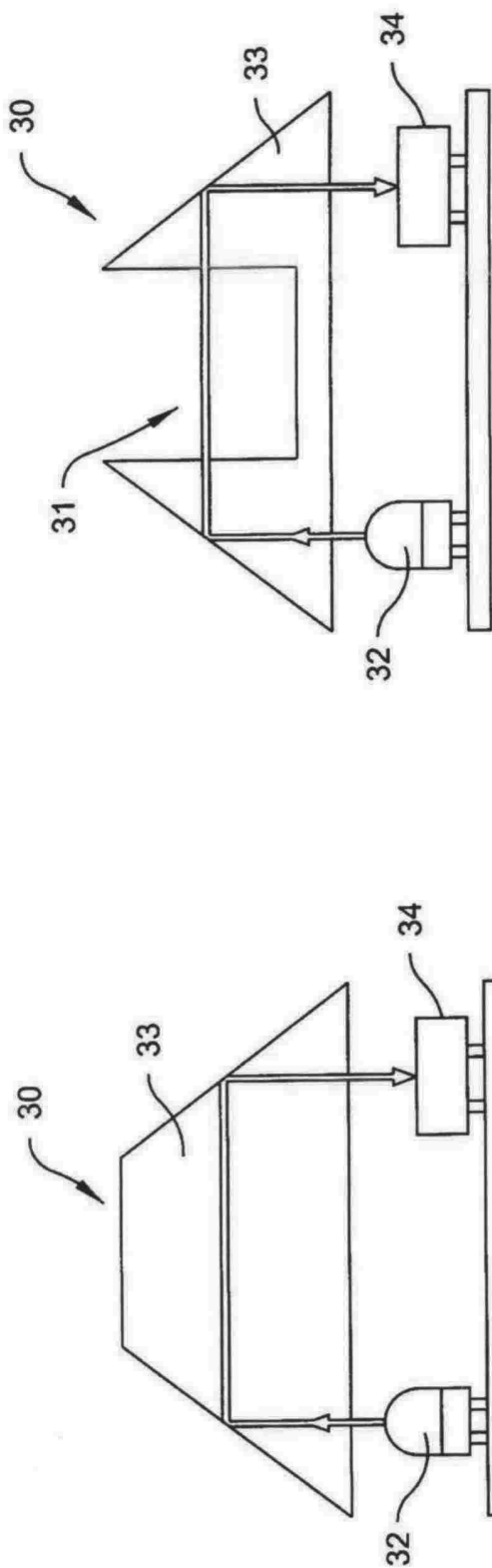


FIG. 3B

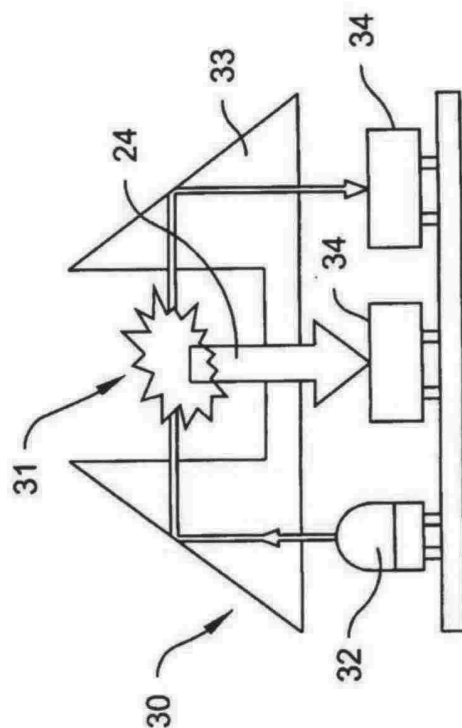
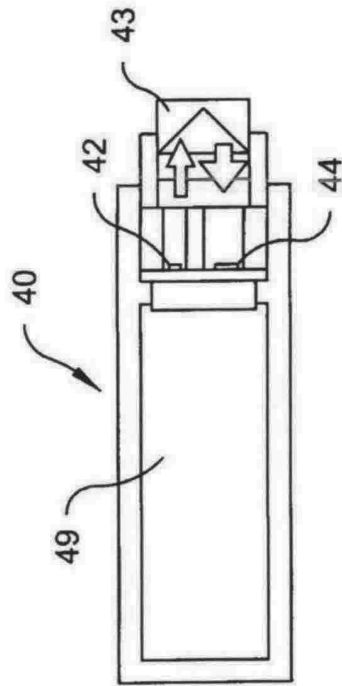
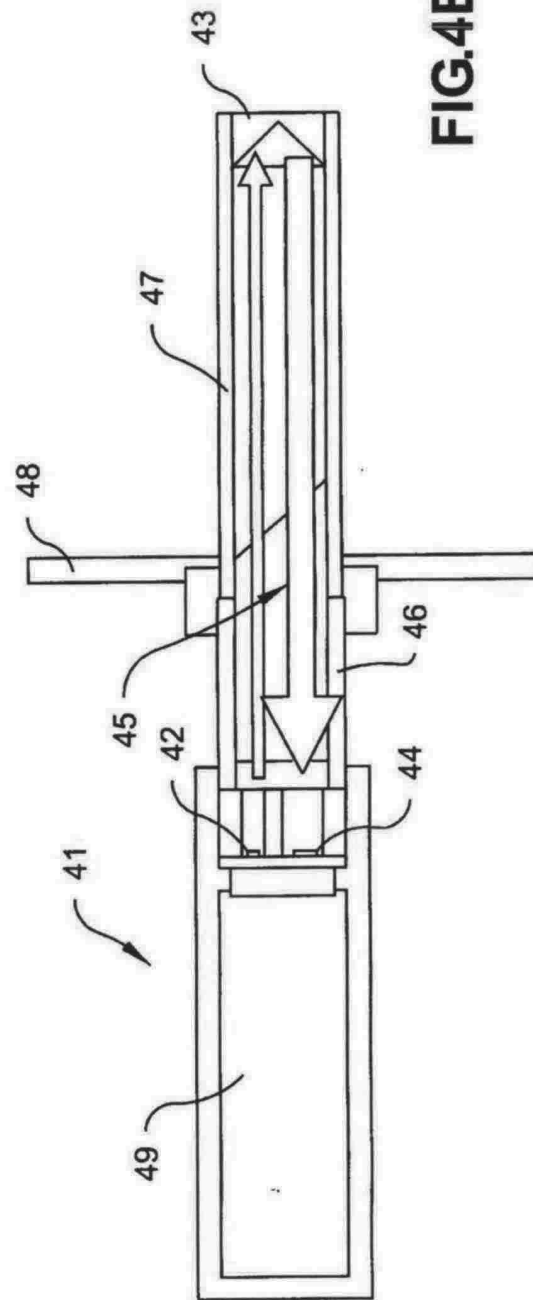


FIG. 3C



**FIG. 4A**



**FIG. 4B**



5/17

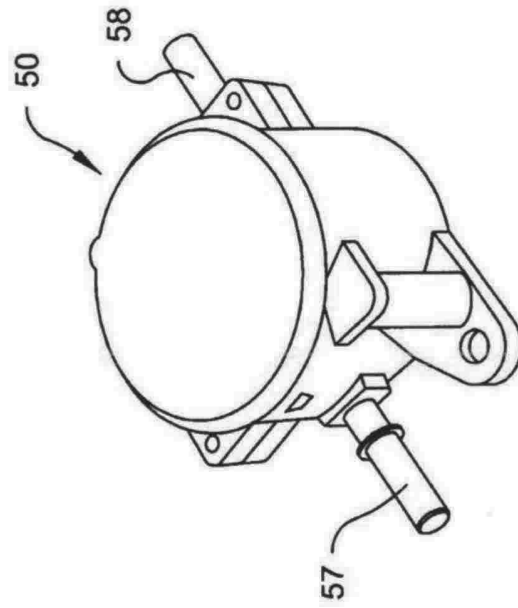
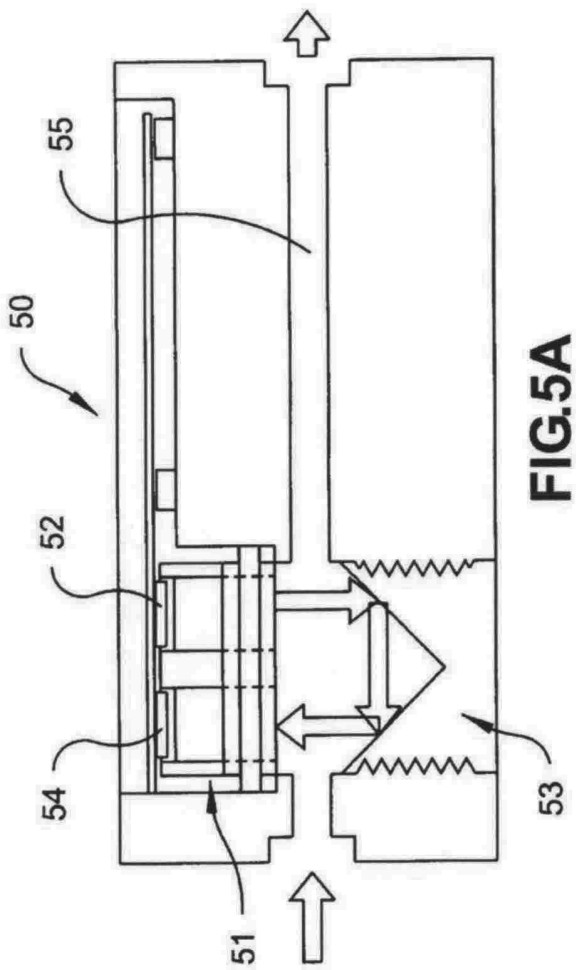


FIG. 5B

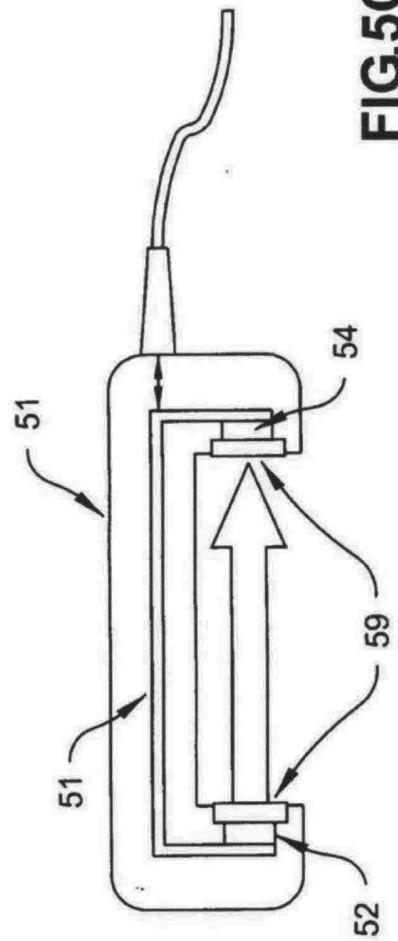


FIG. 5C

6/17

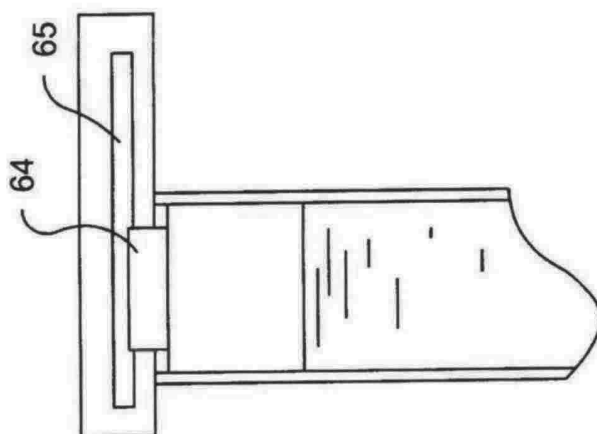


FIG. 6B

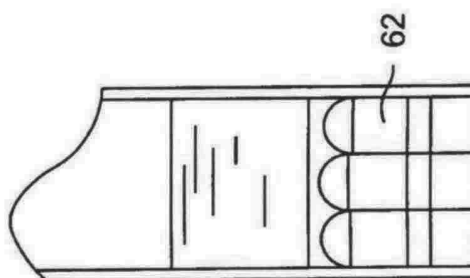


FIG. 6C

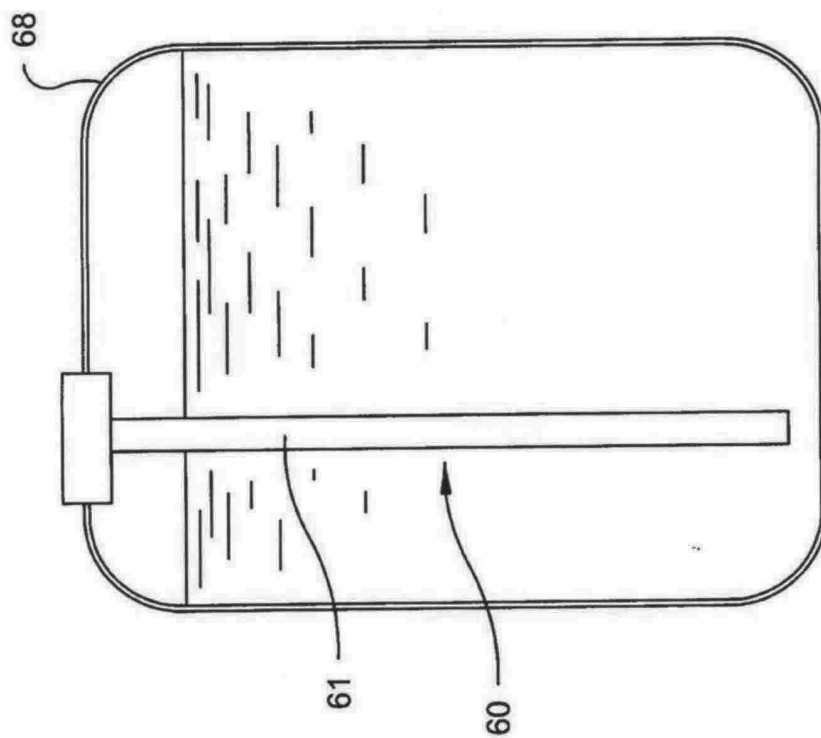


FIG. 6A

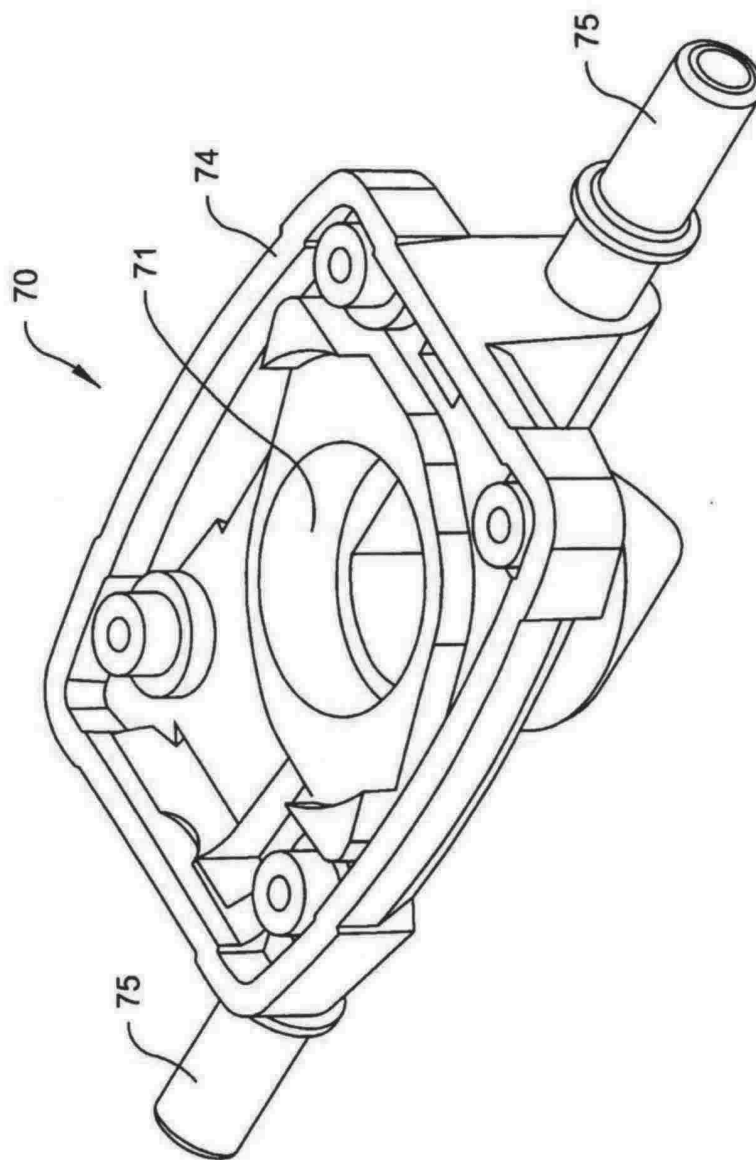
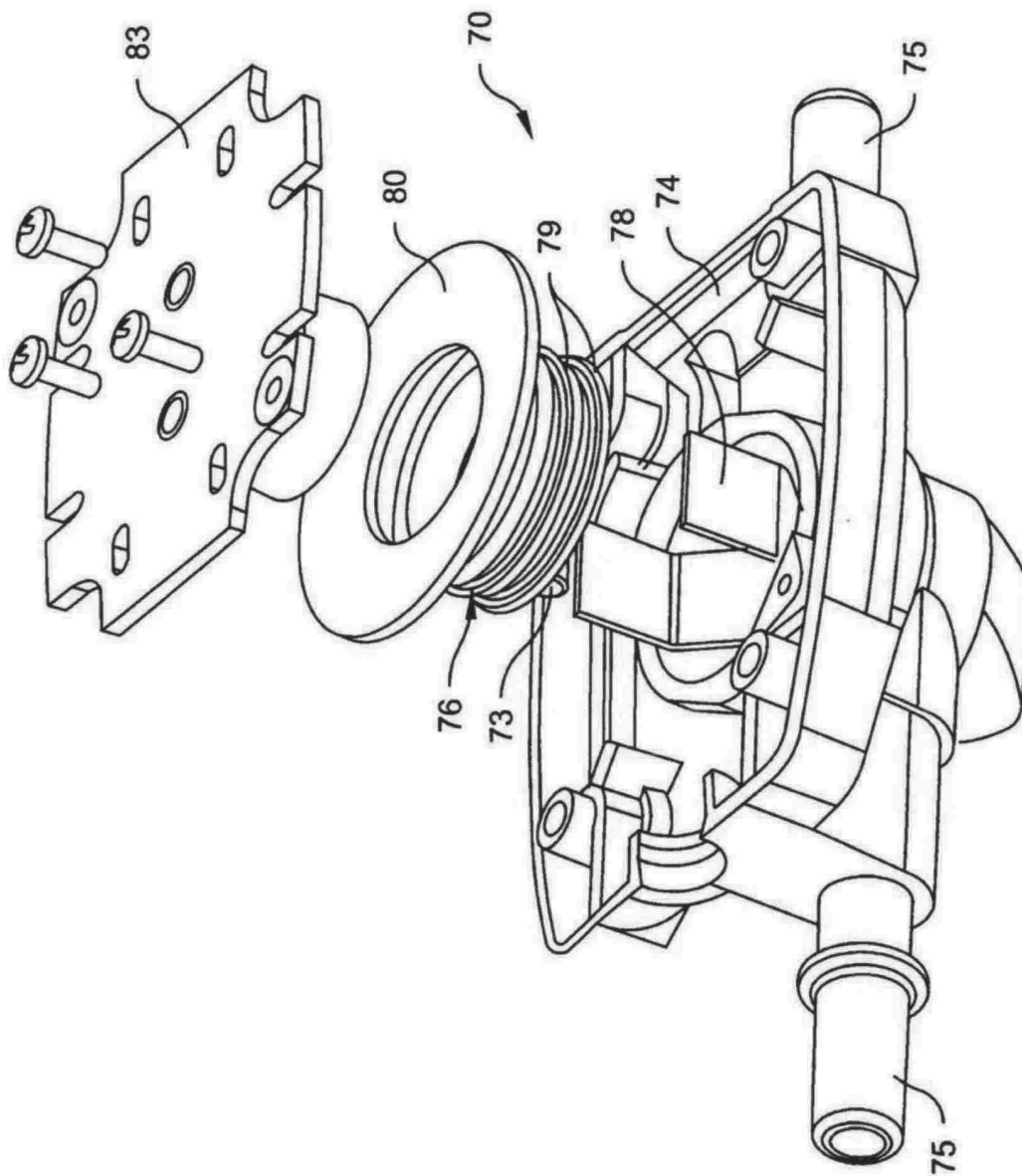


FIG.7A

FIG.7B



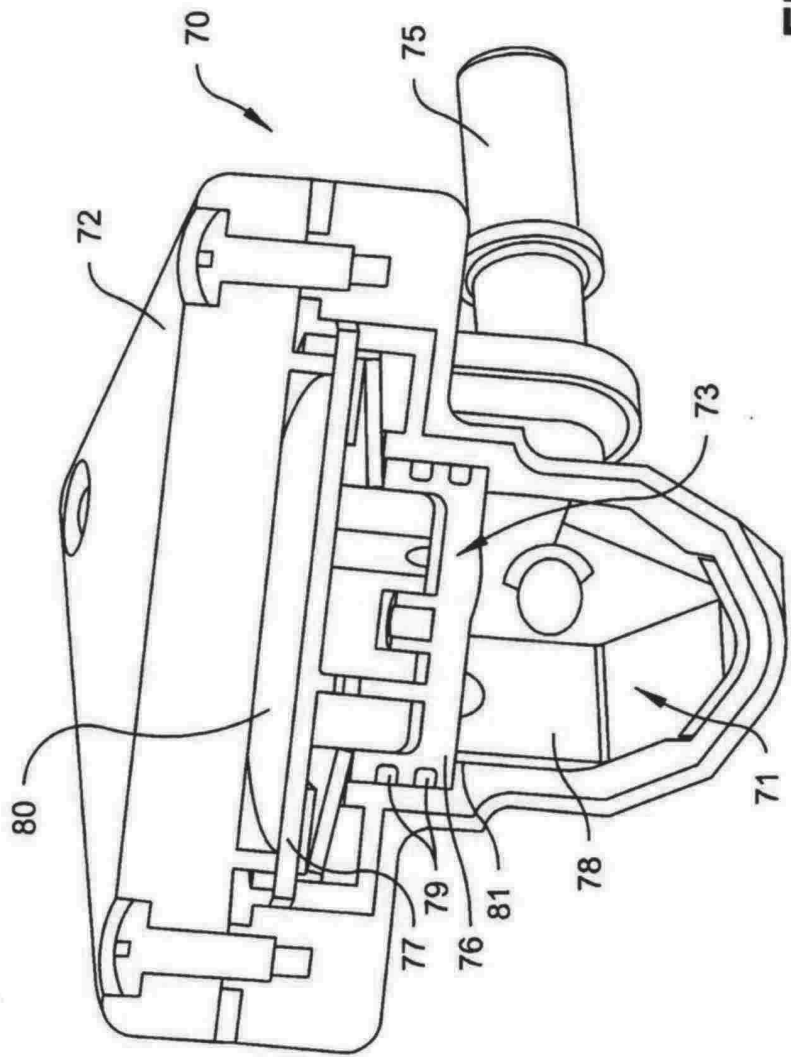


FIG.7C

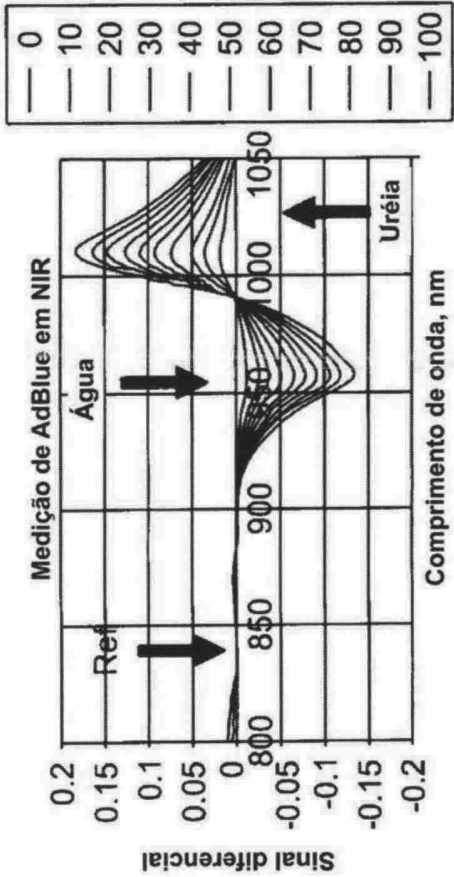


FIG.8B

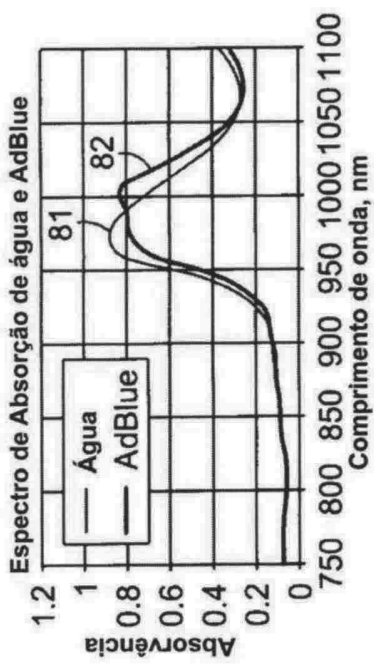


FIG.8A

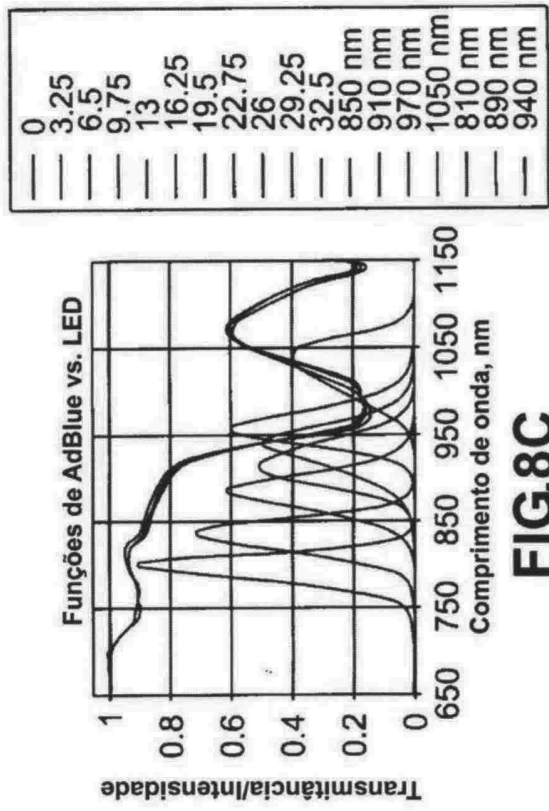


FIG.8C

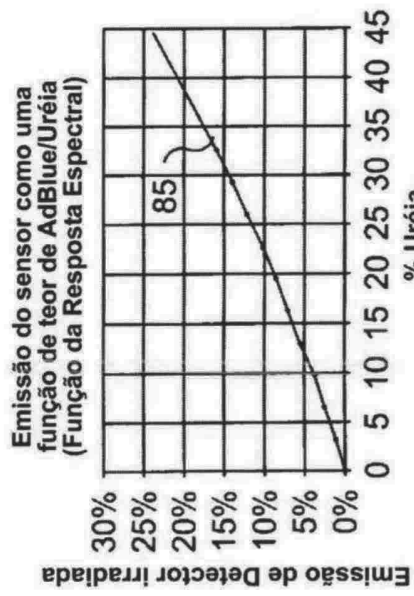


FIG.8D

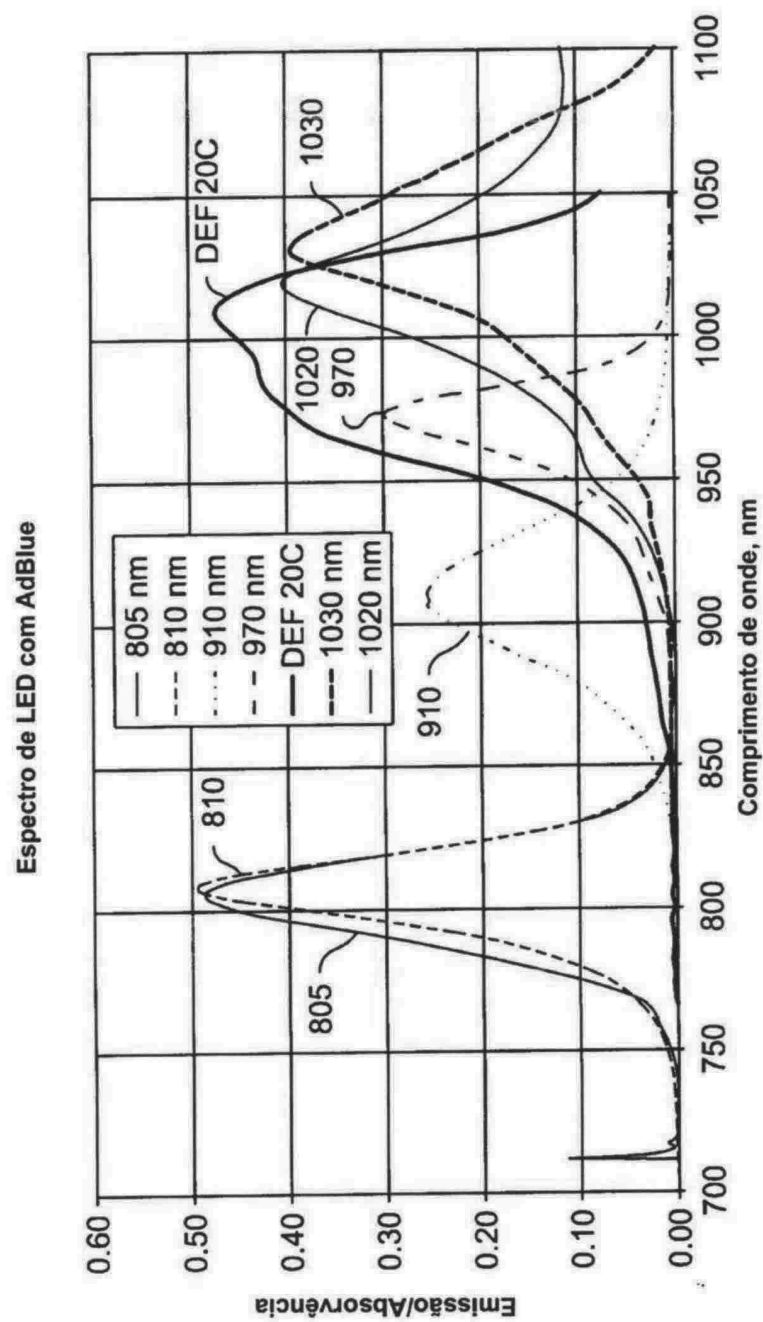
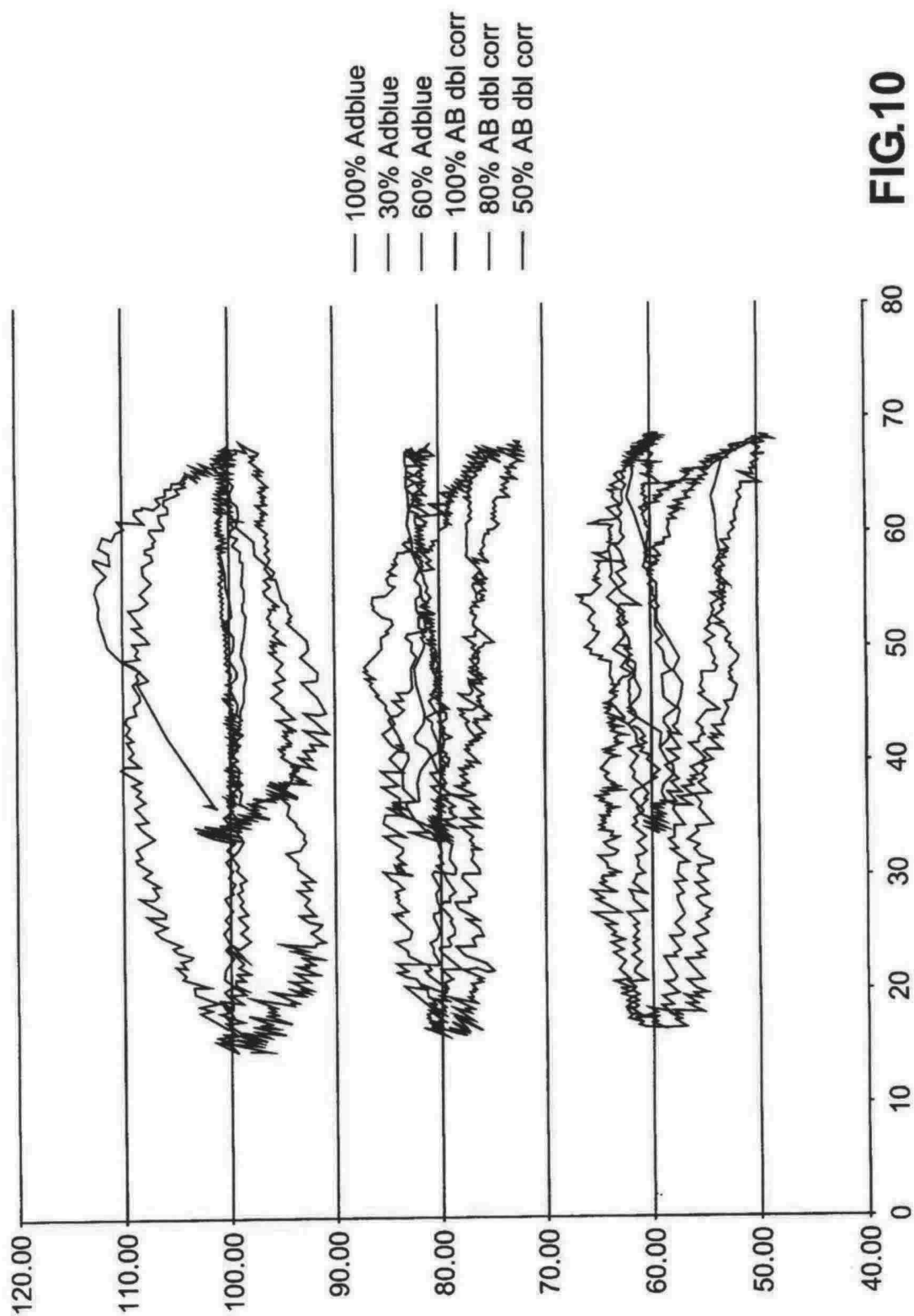


FIG.9

12/17





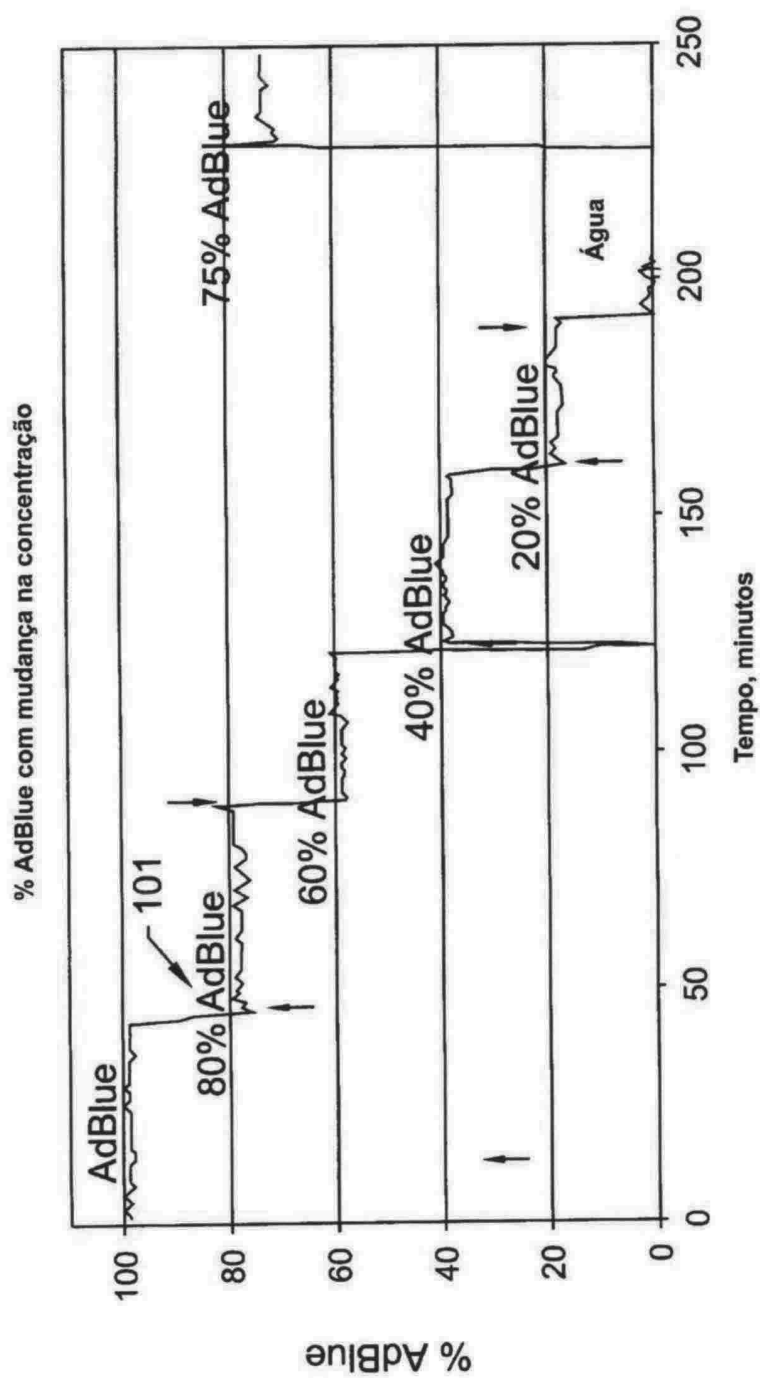


FIG.11

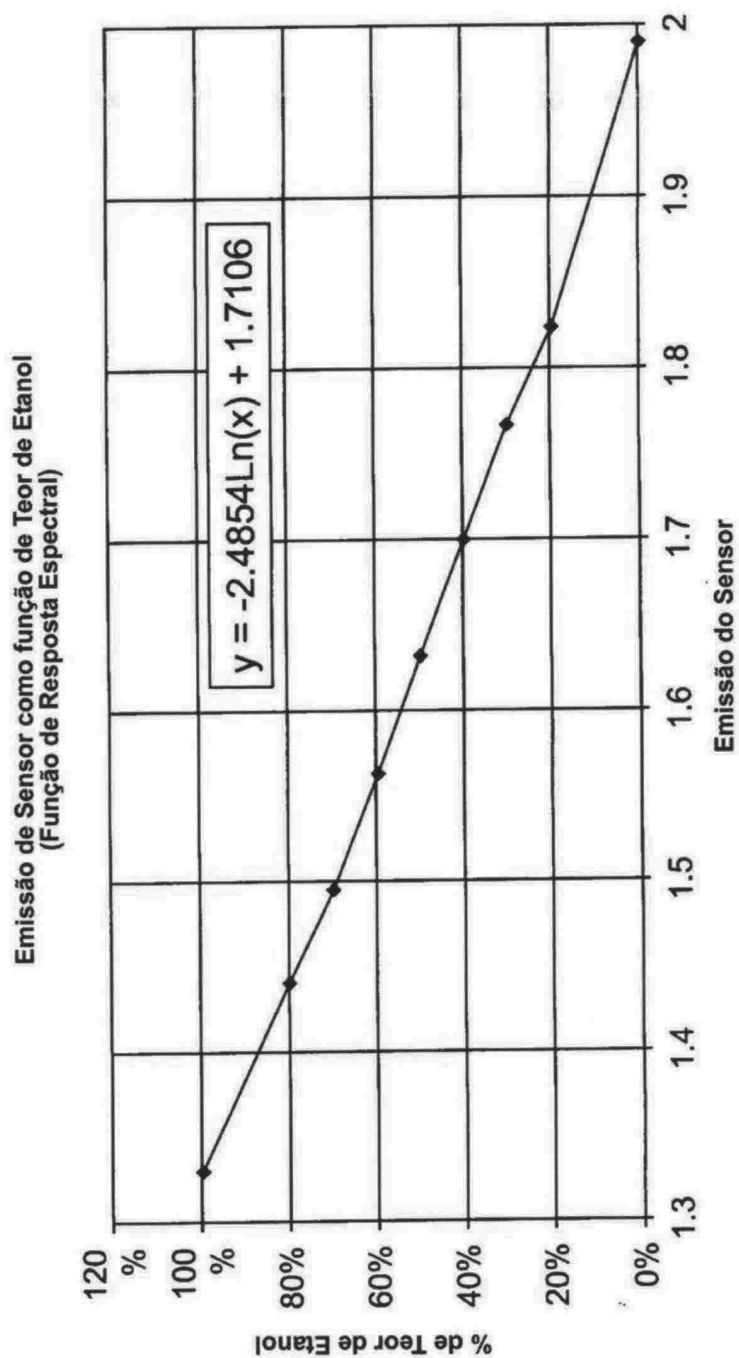
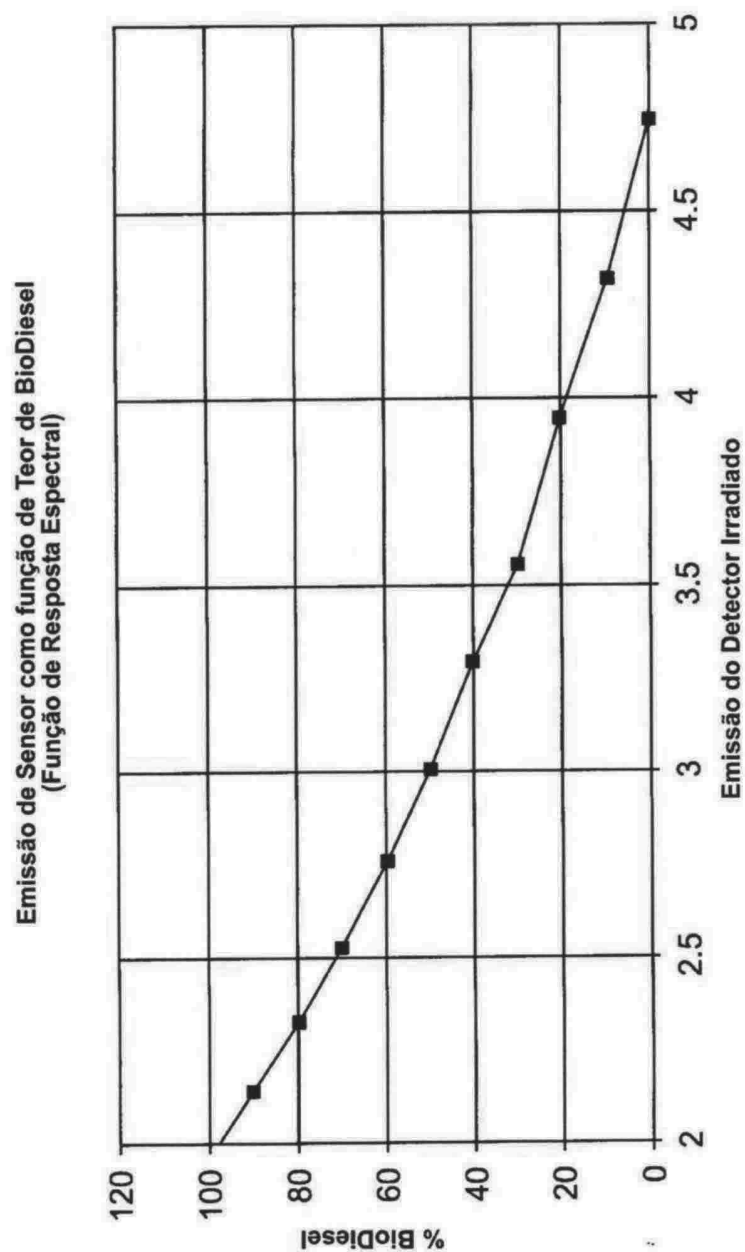


FIG.12

**FIG.13**

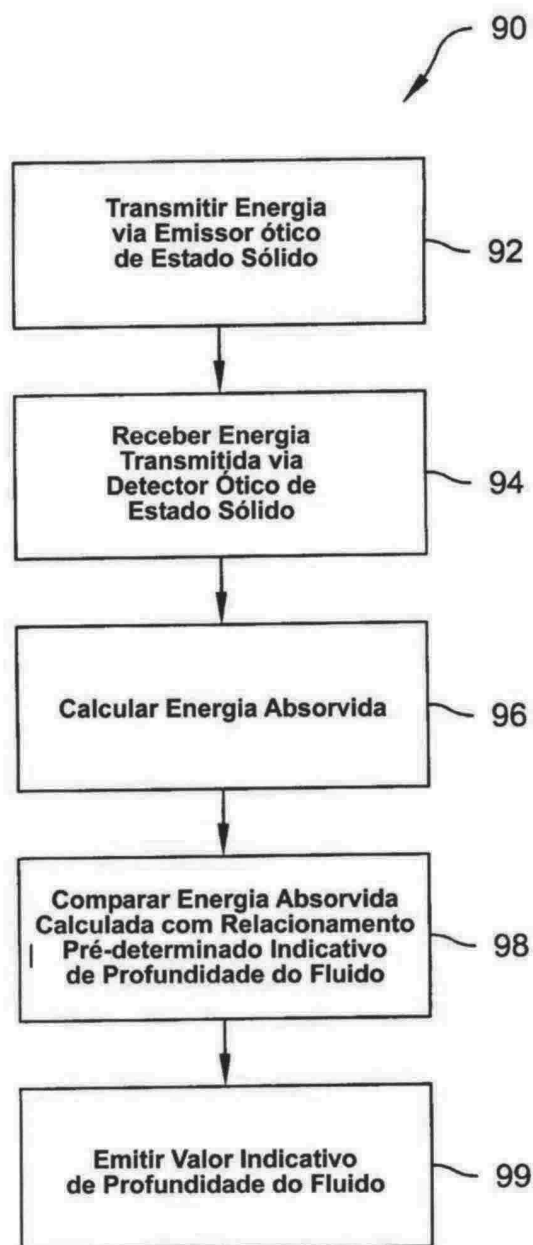


FIG.14

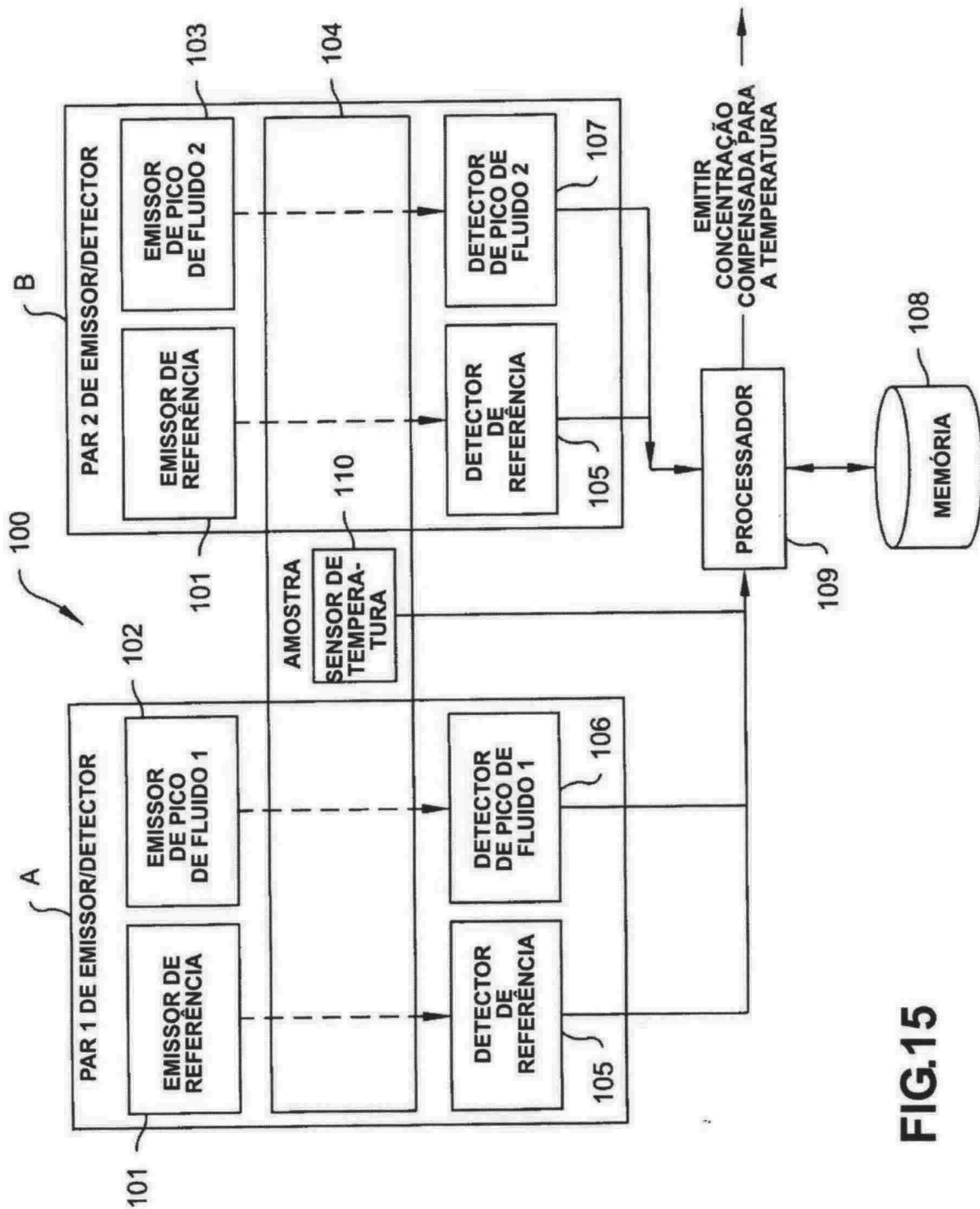


FIG.15