



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

(11) PI 0409467-0 B1

(22) Data do Depósito: 14/04/2004

(45) Data de Concessão: 08/08/2017



(54) Título: SENSOR ÓTICO

(51) Int.Cl.: G01N 21/00

(30) Prioridade Unionista: 15/04/2003 US 60/462,695

(73) Titular(es): SENSORS FOR MEDICINE AND SCIENCE, INC.

(72) Inventor(es): ARTHUR EARL COLVIN, JR.; PAUL SAMUEL ZERWEKH; JEFFERY C. LESH; ROBERT WILLIAM LYNN; CARRIE R. LORENZ; CASEY J. O'CONNOR; STEVEN J. WALTERS

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
"SENSOR ÓTICO".

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

1. Campo da invenção

[001] A presente invenção refere-se a sensores óticos, e, mais especificamente, a um sistema e método para atenuação do efeito da luz ambiente em um sensor ótico.

2. Discussão do Antecedente

[002] Um sensor ótico é um dispositivo que pode ser usado para detectar a concentração de um análito (por exemplo, oxigênio, glicose ou outro análito). A Patente U.S. N° 6.330.464, cuja revelação é incorporada aqui por referência, descreve um sensor ótico.

[003] Podem existir situações quando é desejável usar um sensor ótico em um ambiente onde existe uma quantidade significativa de luz ambiente (por exemplo, os ambientes externos em um dia ensolarado, claro). Em algumas circunstâncias, uma quantidade significativa de luz ambiente pode afetar negativamente a precisão de um sensor ótico. Dessa maneira, o que é desejado são sistemas e métodos para atenuar o efeito negativo da luz ambiente no funcionamento de um sensor ótico e/ou para medir e compensar de maneira quantitativa a luz ambiente.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[004] A presente invenção provê sistemas e métodos para atenuar o efeito da luz ambiente em sensores óticos e para medir e compensar de maneira quantitativa a luz ambiente.

[005] Em um aspecto, a presente invenção provê um sensor ótico tendo características que atenuam a quantidade da luz ambiente que alcança os fotodetectores do sensor ótico. As características podem ser usadas juntas ou separadamente. Por exemplo, em algumas modalidades, a presente invenção provê um sensor ótico onde a placa de

circuito que é usada para conectar eletricamente os componentes elétricos do sensor é feita de um material opaco (por exemplo, ferrita opaca), em oposição à placa de circuito convencional cerâmica de óxido de alumínio. Em algumas modalidades, os fotodetectores do sensor ótico são montados no lado inferior de uma placa de circuito e furos são feitos na placa de circuito para prover um caminho para que a luz das moléculas indicadoras alcance os fotodetectores.

[006] Em um outro aspecto, a presente invenção provê métodos para usar e implantar um sensor ótico, cujos métodos, usados juntos ou separadamente, reduzem o efeito da luz ambiente no sensor ótico.

[007] Por exemplo, em um aspecto a presente invenção provê um método que inclui as etapas seguintes: iluminar moléculas indicadoras, dessa maneira fazendo com que as moléculas indicadoras emitam luz; determinar a quantidade da luz que alcança um fotodetector em um ponto no tempo quando as moléculas indicadoras são iluminadas, dessa maneira determinando a soma da quantidade da luz ambiente e da luz emitida das moléculas indicadoras que alcançam o fotodetector; cessar a iluminação das moléculas indicadoras; depois de cessar a iluminação das moléculas indicadoras, determinar a quantidade da luz que alcança o fotodetector, dessa maneira determinando a quantidade da luz ambiente que alcança o fotodetector e determinar a quantidade de luz emitida das moléculas indicadoras que alcançou o fotodetector subtraindo a segunda quantidade determinada de luz da primeira quantidade determinada de luz.

[008] Em um outro aspecto, a presente invenção provê uma leitora de sensor melhorada e método de operação da leitora de sensor. Por exemplo, em um aspecto, a presente invenção provê um método executado por uma leitora de sensor que inclui as etapas de: determinar a intensidade da luz ambiente; determinar se a intensidade da luz ambiente é maior do que uma intensidade limiar predeterminada; e

emitir um aviso para o usuário se é determinado que a intensidade da luz ambiente é maior do que a intensidade limiar predeterminada.

[009] Os aspectos acima e outros e as vantagens da presente invenção, bem como a estrutura e operação das modalidades preferidas da presente invenção, são descritos em detalhes abaixo com referência aos desenhos acompanhantes.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0010] Os desenhos acompanhantes, que são incorporados aqui e formam parte do relatório descritivo, ajudam a ilustrar várias modalidades da presente invenção e, junto com a descrição, também servem para explicar os princípios da invenção e possibilitar que uma pessoa versada na técnica pertinente faça e use a invenção. Nos desenhos, números de referência semelhantes indicam elementos idênticos ou funcionalmente similares. Adicionalmente, os dígitos mais à esquerda de um número de referência identificam o desenho no qual o número de referência aparece primeiro.

[0011] A figura 1 mostra um sensor ótico de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[0012] A figura 2 mostra um sensor ótico de acordo com uma outra modalidade da presente invenção.

[0013] A figura 3 mostra a superfície superior de uma placa de circuito de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[0014] A figura 4 mostra o campo de visão de um fotodetector de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[0015] A figura 5 mostra um sensor que foi implantado em um paciente de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[0016] A figura 6 mostra um sensor tendo suportes exteriores de acordo com uma modalidade da presente invenção.

[0017] A figura 7 mostra um diagrama de blocos funcional de uma leitora de sensor de acordo com uma modalidade da presente inven-

ção.

[0018] A figura 8 é um fluxograma ilustrando um processo, de acordo com uma modalidade da presente invenção, que pode ser executado por uma leitora de sensor.

[0019] A figura 9 é um fluxograma ilustrando um processo para atenuar o efeito da luz ambiente nas leituras providas por um sensor ótico.

[0020] A figura 10 é um fluxograma ilustrando um processo executado por um sensor de acordo com uma modalidade da invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA MODALIDADE PREFERIDA

[0021] A figura 1 mostra um sensor ótico ("sensor") 110, de acordo com uma modalidade da presente invenção, que opera com base na fluorescência das moléculas indicadoras fluorescentes 116. O sensor 110 inclui um alojamento de sensor 112 (o alojamento do sensor 112 pode ser formado de um material de polímero oticamente transmissivo adequado), uma camada de matriz 114 revestida sobre a superfície exterior do alojamento do sensor 112, com moléculas indicadoras fluorescentes 116 distribuídas por toda a camada 114 (a camada 114 pode cobrir toda ou parte da superfície do alojamento 112); uma fonte de radiação 118, por exemplo um LED, que emite radiação, incluindo radiação sobre uma faixa de comprimentos de onda que interagem com as moléculas indicadoras 116, isto é, no caso de um sensor com base na fluorescência, um comprimento de onda que faz com que as moléculas indicadoras 116 fluoresçam; e um fotodetector 120 (por exemplo um fotodiodo, um fototransistor, fotorresistor ou outro fotodetector) que, no caso de um sensor com base na fluorescência, é sensível à luz fluorescente emitida pelas moléculas indicadoras 116 tal que um sinal é gerado pelo fotodetector 120 em resposta a ela que é indicativo do nível de fluorescência das moléculas indicadoras. Dois fotodetectores 120a e 120b são mostrados para ilustrar que o sensor 110 pode ter

mais do que um fotodetector.

[0022] As moléculas indicadoras 116 podem ser revestidas na superfície do corpo do sensor ou elas podem estar contidas dentro da camada da matriz 114 (como mostrado na figura 1), que compreende uma matriz de polímero biocompatível que é preparada de acordo com métodos conhecidos na técnica e revestida na superfície do alojamento do sensor 112. Materiais de matriz biocompatíveis adequados, que devem ser permeáveis ao análio, incluem alguns metacrilatos (por exemplo, HEMA) e hidrogéis que, vantajosamente, podem ser feitos seletivamente permeáveis - particularmente para o análio - isto é, eles executam uma função de corte de peso molecular.

[0023] O sensor 110 pode ser totalmente fechado. Em outras palavras, o sensor pode ser construído em uma tal maneira que nenhum condutor elétrico se estende para dentro ou para fora do alojamento do sensor 112 para suprir força para o sensor (por exemplo, para acionar a fonte 118) ou para transmitir sinais do sensor. Ao invés disso, o sensor pode incluir uma fonte de força 140 que é totalmente embutida ou alojada dentro do alojamento do sensor 112 e um transmissor 142 que também fica inteiramente embutido ou alojado dentro do alojamento do sensor 112.

[0024] A fonte de força 140 pode ser um indutor, como pode ser a antena para o transmissor 142 como descrito na Patente U.S. N°. 6.400.974. O transmissor 142 pode ser configurado para transmitir dados de maneira sem fio para uma leitora externa (ver figura 7).

[0025] Outras fontes de força fechadas que podem ser usadas incluem microbaterias; piezelétricos (que geram uma voltagem quando expostos a energia mecânica tal como som ultra-sônico; microgeradores; geradores acionados de maneira acústica (por exemplo, ultrassom) e células fotovoltaicas, que podem ser energizadas pela luz (infravermelha).

[0026] Como mostrado na figura 1, muitos dos componentes eletro-óticos do sensor 112, incluindo um processador 166, que pode incluir conjunto de circuitos eletrônicos para controlar, entre outros componentes, a fonte 118 e o transmissor 142, são presos em uma placa de circuito 170.

[0027] A placa de circuito 170 provê trajetórias de comunicação entre os componentes.

[0028] Como adicionalmente ilustrado na figura 1, um filtro ótico 134, tal como um filtro de alta frequência ou de faixa de passagem, preferencialmente é provido em uma superfície sensível à luz de um fotodetector 120. O filtro 134 impede ou substancialmente reduz a colisão da quantidade de radiação gerada pela fonte 118 em uma superfície fotossensível do fotodetector 120. Ao mesmo tempo, o filtro permite que a luz fluorescente emitida pelas moléculas indicadoras fluorescentes 116 atravesse para bater em uma região fotossensível do detector 120. Isso significativamente reduz a "interferência" no sinal do fotodetector que é atribuível à radiação incidente da fonte 118.

[0029] Entretanto, mesmo embora o filtro 134 possa reduzir significativamente a "interferência" criada pela radiação da fonte 118, o filtro 134 não pode atenuar significativamente a "interferência" das fontes de luz ambiente 198, particularmente porque a luz que passa através da pele tem um comprimento de onda que não pode ser filtrado pelo filtro. Isto é, o filtro 134 não pode impedir significativamente que a luz ambiente 199 bata em uma superfície fotossensível de um fotodetector 120. Dessa maneira, o sensor 110 tem outras características para lidar com a luz ambiente.

[0030] Por exemplo, o substrato 170 do sensor 110 é feito de um material que não propaga a luz de dispersão ou é revestido com um acabamento que impede que ele propague a luz de dispersão. Assim, pelo uso de um tal substrato 170 a pessoa pode reduzir a quantidade

de luz ambiente que alcança os fotodetectores 120. Em algumas modalidades, o substrato 170 é uma placa de circuito de ferrita 170 enquanto em outras modalidades o substrato 170 pode ser uma placa de circuito convencional tendo um acabamento que impede que a placa propague a luz.

[0031] Adicionalmente, no sensor 110 os fotodetectores 120 podem ser montados no lado inferior da placa de circuito 170. Isso pode ser feito, por exemplo, por uma técnica conhecida como montagem "flip-chip". Essa técnica de montagem dos fotodetectores 120 no lado inferior da placa 170 permite que todas as superfícies sensíveis à luz exceto a superfície superior dos fotodetectores 120 sejam mais facilmente cobertas com uma substância de bloqueio de luz 104 (por exemplo, um epóxi preto de bloqueio de luz). Entretanto, é considerado que fotodetectores 120 possam ser montados no lado superior da placa de circuito 170, como mostrado na figura 2. Como na modalidade mostrada na figura 1, na modalidade mostrada na figura 2, todas as superfícies exceto a superfície superior do fotodetector são cobertas com substância de bloqueio de luz 104.

[0032] Em modalidades onde os fotodetectores 120 são montados na superfície inferior da placa 170, um furo para cada fotodetector 120 é preferencialmente criado através da placa 170. Isso é ilustrado na figura 3, que é uma vista superior da placa 170. Como mostrado na figura 3, a fonte de luz 118 é preferencialmente montada na superfície superior 371 da placa 170. Como adicionalmente mostrado na figura 3, dois furos 301a e 301b foram criados através da placa 170, dessa maneira provendo uma passagem para que a luz das moléculas indicadoras alcance os fotodetectores 120. Os furos na placa de circuito 170 podem ser criados, por exemplo, por perfuração e semelhante. De preferência, cada fotodetector 120 é posicionado tal que sua face fica diretamente abaixo e cobrindo um furo, como mostrado na figura 1.

[0033] Essa técnica restringe a entrada de luz nos fotodetectores 120 exceto da sua face e através do furo através da ferrita. Como adicionalmente ilustrado na figura 1, cada furo na ferrita pode ser preenchido com um filtro de passagem ótico 134 de modo que a luz pode somente alcançar um fotodetector 120 passando através do filtro 134.

[0034] Como mencionado acima e ilustrado na figura 1, a superfície inferior e todos os lados dos fotodetectores 120 podem ser cobertos com epóxi preto de bloqueio de luz 104. Adicionalmente, para minimizar as reflexões indesejadas que poderiam ocorrer de partes na superfície superior 371 da placa de circuito 170, um epóxi preto pode ser usado como um isolamento para todos os componentes fora do padrão distante de campo do sistema ótico. Além disso, o epóxi preto pode ser usado para envolver os filtros 134 para cada fotodetector 120, dessa maneira impedindo a propagação do vazamento de luz através de uma junta de cola criada pela tolerância mecânica entre os filtros 134 e os furos da placa de circuito 301.

[0035] Como adicionalmente mostrado na figura 1, filtros NIR 106a e 106b podem ser posicionados no topo dos filtros 134a e 134b, respectivamente. Uma tal configuração exigiria que toda a luz que alcança um fotodetector 120 passasse através não somente do filtro 134, mas também do filtro NIR 106.

[0036] Como as figuras 1 e 2 tornam claro, qualquer luz ambiente que alcança um fotodetector 120 deve primeiro passar através da matriz 114 contendo as moléculas indicadoras e os filtros antes que a luz possa bater na superfície superior do fotodetector 120 e, dessa maneira interferir com o sensor ótico. Embora a matriz 114 seja caracteristicamente clara, aumentando o conteúdo de água da reação de polimerização, uma separação de fase ocorre, a qual resulta em um material de matriz altamente poroso 114. O tamanho grande dos poros, junto com o índice refrativo diferencial da matriz 114 (contra o meio circun-

dante), causa dispersão de luz substancial dentro da matriz 114. Essa dispersão é benéfica para ajudar a atenuar a chegada de qualquer luz ambiente de uma fonte externa antes que ela possa entrar no alojamento do sensor. Dessa maneira, em algumas modalidades da invenção, o processo de fabricação da matriz 114 é alterado, de modo que a matriz 114 será altamente porosa.

[0037] Por exemplo, em algumas modalidades, a matriz 114 é produzida por (a) a combinação de 400 mLs de HEMA com 600 mLs de água destilada (uma razão de 40:60), (b) rotação para mistura, (c) adição de 50 uL de persulfato de amônio a 10% (APS) (solução aquosa) e 10 uL de 50% de TEMED (solução aquosa) e (d) polimerização em temperatura ambiente por 30 minutos a uma hora. Esse processo produzirá uma matriz altamente porosa (ou matriz de "gel branco"). A polimerização em temperaturas maiores ou menores pode também ser usada para formar uma matriz de gel branco. Um exemplo é a formação de um gel de 30:70 usando 175 uL de água destilada + 75 uL de HEMA + 8,44 uL de VA-044 (2,2'-Azobis[2-(2-imidazolina-2-il)propano] dihidrocloreto) (outros iniciadores de radical livre tal como AIBN (2,2'-Azobisisobutironitrila) poderiam também ser usados).

[0038] Uma outra característica do sensor 110 é que pelo menos parte do alojamento 112 pode ser dopada com dopantes orgânicos ou inorgânicos que farão com que a parte dopada do alojamento 112 funcione como um filtro ótico. Por exemplo, é considerado dopar uma parte do alojamento 112 com savinil preto, que é um material de bloqueio de luz orgânico. Se necessário, sob certos vetores de propagação de luz ambiente, é possível dopar seletivamente o alojamento 112 em uma tal maneira de modo a não somente permitir que a região diretamente dentro do campo de visão dos fotodetectores 120 propague a luz. Esse mecanismo usaria uma arquitetura de enxerto "sela" fabricada pelo procedimento de encaixotamento pré-usinado.

[0039] Pelo uso do material não transparente 104 e da placa de circuito de não propagação de luz 170, o campo de visão ótico dos fotodetectores 120 é controlado e restrito à região da instalação da matriz indicadora na superfície do alojamento do sensor 112. O campo de visão ótico para um fotodetector 120(a) da modalidade mostrada na figura 1 é ilustrado na figura 4.

[0040] Pelo fato de que a luz não pode passar através do conjunto de circuito a partir do lado posterior, o sensor 110 pode ser cirurgicamente instalado in-vivo de modo a orientar o campo ótico dos fotodetectores 120 na colocação mais favorável para minimizar a passagem da luz através da pele. Por exemplo, em algumas modalidades, a orientação do campo de visão ótico do sensor para dentro em direção ao tecido do núcleo do corpo pode ser mais favorável. Isso é ilustrado na figura 5. Como mostrado na figura 5, a uma superfície do fotodetector não coberta pelo material não transparente 104 (isto é, superfície 590) está virada para dentro para o tecido do núcleo do corpo 501 e para longe da pele 520 à qual ela está mais próxima. Porque é possível que essa orientação possa não ser mantida na instalação seguinte in-vivo (por exemplo, o sensor poderia rolar durante o movimento normal do membro), é considerado que em algumas modalidades será vantajoso incorporar "suportes exteriores" anti-rolamento no alojamento do sensor 212. A figura 6 é uma vista frontal do sensor 110 com suportes exteriores 610 e 611 presos no alojamento do sensor 212 para impedir o rolamento.

[0041] Além de prover um projeto de sensor ótico melhorado que significativamente atenua o efeito da luz ambiente no funcionamento apropriado do sensor ótico 110, a presente invenção também provê melhoras na leitora de sinal externo que recebe os dados de saída transmitidos do sensor ótico 110. Como discutido acima, esses dados de saída, que transportam informação com relação à concentração do

análito em questão, podem ser transmitidos de maneira sem fio do sensor 110.

[0042] A figura 7 ilustra um exemplo de uma leitora externa 701. Na modalidade mostrada na figura 7, o sensor ótico 110 é implantado perto do pulso de um paciente e a leitora 701 é usada como um relógio no braço dos pacientes. Isto é, a leitora 701 é presa em uma faixa no pulso 790. Em algumas modalidades, a leitora 701 pode ser combinada com um relógio convencional. De preferência, a faixa no pulso 790 é uma faixa de pulso opaca. Pelo uso de uma faixa de pulso opaca 790, o paciente reduzirá a quantidade de luz ambiente que alcança o sensor ótico.

[0043] Como mostrado na figura 7, a leitora 701 inclui um receptor 716, um processador 710 e uma interface de usuário 711. A interface de usuário 711 pode incluir um monitor, tal como por exemplo, um monitor de cristal líquido (LCD) ou outro tipo de monitor. O receptor 716 recebe dados transmitidos do sensor. O processador 710 pode processar os dados recebidos para produzir dados de saída (por exemplo, um valor numérico) que representa a concentração do análito sendo monitorado pelo sensor.

[0044] Por exemplo, em algumas modalidades, o sensor 110 pode transmitir dois conjuntos de dados para a leitora 701. O primeiro conjunto de dados pode corresponder com a saída dos fotodetectores 120 quando a fonte de luz 118 está ligada e o segundo conjunto de dados pode corresponder com a saída dos fotodetectores 120 quando a fonte de luz 118 está desligada.

[0045] O processador 710 processa esses dois conjuntos de dados para produzir dados de saída que podem ser usados para determinar a concentração do análito sendo monitorado pelo sensor. Por exemplo, o primeiro conjunto de dados pode ser processado para produzir um primeiro resultado correspondendo com a soma de (1) a

quantidade total de luz das moléculas indicadoras que alcançou os fotodetectores 120 e (2) a quantidade total de luz ambiente que alcançou os fotodetectores 120. O segundo conjunto de dados pode ser processado para produzir um segundo resultado correspondendo com a quantidade total de luz ambiente que alcançou os fotodetectores 120. O processador 710 pode então subtrair o segundo resultado do primeiro resultado, dessa maneira obtendo um resultado final que corresponde com a quantidade total de luz das moléculas indicadoras que alcançou os fotodetectores 120. O processador 710 pode então usar o resultado final para calcular a concentração do anárito e fazer com que a interface do usuário 711 exiba um valor representando a concentração, de modo que o paciente possa lê-lo.

[0046] Vantajosamente, a leitora 701 pode incluir um pequeno fotodetector 714. Pela inclusão do fotodetector 714 na leitora 701, a leitora pode monitorar a quantidade de luz ambiente. Além disso, o processador pode ser programado para produzir um sinal para o paciente se a quantidade de luz ambiente detectada pelo fotodetector 714 está acima de um limiar predeterminado. Por exemplo, se a saída do fotodetector 714, que pode ser inserida no processador 710, indica que existe uma quantidade relativamente alta de luz ambiente, o processador 710 pode exibir uma mensagem de alerta na interface do usuário 711 para alertar o paciente que o sensor pode estar não funcional devido à alta quantidade de luz ambiente. O paciente pode então adotar a ação apropriada. Por exemplo, o paciente pode se mover para uma área onde existe menos luz ambiente ou cobrir o sensor de modo que menos luz ambiente alcance o sensor.

[0047] A figura 8 é um fluxograma ilustrando um processo 800 que pode ser executado pelo processador 710. O processo 800 pode começar na etapa 802, onde o processador 710 recebe uma entrada indicando que um usuário da leitora 701 solicitou obter uma leitura do

sensor ou onde o processador 710 determina automaticamente que é hora de obter dados do sensor.

[0048] Na etapa 804, o processador 710 obtém do fotodetector 714 informação quanto à intensidade da luz ambiente. Na etapa 806, o processador 710 determina, com base na informação obtida na etapa 804, se a intensidade da luz ambiente é tal que é provável que o sensor não seja capaz de funcionar apropriadamente. Por exemplo, o processador 710 pode determinar se a intensidade da luz ambiente é maior do que algum limiar predeterminado. Se a intensidade da luz ambiente é tal que é provável que o sensor não seja capaz de funcionar apropriadamente, então o processador 710 prossegue para a etapa 890, de outra forma o processador 710 prossegue para a etapa 808.

[0049] Na etapa 890, o processador 710 emite um aviso para o usuário. Por exemplo, o processador 710 pode exibir uma mensagem na interface do usuário 711 ou comunicar para o usuário que existe muita luz ambiente.

[0050] Na etapa 808, o processador 710 ativa o sensor. Por exemplo, o processador 710 pode prover a força de maneira sem fio para o sensor, enviar um sinal de ativação para o sensor ou de outra forma ativar o sensor.

[0051] Na etapa 810, o processador 710 obtém dados do sensor. Por exemplo, como discutido acima, os dados recebidos do sensor podem incluir dados correspondendo com a saída dos fotodetectores 120 quando a fonte de luz 118 está ligada e dados correspondendo com a saída dos fotodetectores 120 quando a fonte de luz 118 está desligada. O sensor 110 pode transmitir de maneira sem fio os dados para o receptor 716, que então provê os dados para o processador 710.

[0052] Na etapa 812, o processador 710 processa os dados rece-

bidos para produzir um resultado que, se o sensor está operando corretamente (por exemplo, não existe muita luz ambiente), pode ser usado para calcular a concentração do análito sendo monitorado pelo sensor. Por exemplo, como discutido acima, o processador 710 pode subtrair os dados correspondendo com a saída dos fotodetectores 120 quando a fonte de luz 118 está desligada dos dados correspondendo com a saída dos fotodetectores 120 quando a fonte de luz 118 está ligada para produzir um resultado que pode ser usado para determinar a concentração do análito sendo monitorado pelo sensor.

[0053] Na etapa 814, o processador 710 faz com que a informação ou uma mensagem com relação ao análito sendo sentido pelo sensor seja exibida para o usuário, onde a informação ou mensagem é baseada no resultado produzido na etapa 812.

[0054] Além de prover um projeto de sensor ótico melhorado e uma leitora melhorada, a presente invenção provê um método melhorado para operar o sensor ótico, cujo método também atenua o efeito negativo da luz ambiente. O método pode ser usado com um sensor ótico convencional ou com sensores óticos de acordo com a presente invenção. A figura 9 é um fluxograma ilustrando um processo 900 para atenuar o efeito da luz ambiente nas leituras providas por um sensor ótico.

[0055] O processo 900 pode começar na etapa 901, onde uma determinação da quantidade de luz ambiente que alcança o fotodetector é feita. Por exemplo, na etapa 901 um sinal produzido por um ou mais fotodetectores é obtido durante o período de tempo quando as moléculas indicadoras não estão em um estado fluorescente. Na etapa 902, uma determinação é feita quanto a se a quantidade de luz ambiente que alcança o fotodetector é tal que é provável que o sensor não seja capaz de prover uma leitura precisa. Se a quantidade de luz ambiente que alcança o fotodetector é tal que é provável que o sensor não seja

capaz de prover uma leitura precisa, então o processo prossegue para a etapa 990, de outra forma o processo prossegue para a etapa 903.

[0056] Na etapa 990, a informação indicando que existe muita luz ambiente é transmitida para uma leitora de sensor. Depois da etapa 990, o processo pode terminar ou prosseguir de volta para a etapa 902.

[0057] Na etapa 903, as moléculas indicadores são iluminadas por aproximadamente x quantidade de tempo (por exemplo, 50 ou 100 milissegundos). Por exemplo, na etapa 903, a fonte de luz 118 pode ser ativada por 100 milissegundos para iluminar as moléculas indicadoras. Em uma modalidade, a fonte de luz é ativada usando cerca de 2 milli-amp de corrente de acionamento. A seguir, enquanto as moléculas indicadoras estão iluminadas, o sinal produzido por um fotodetector 120 é lido (etapa 904).

[0058] A seguir (etapa 908), o sinal obtido na etapa 901 é subtraído do sinal obtido na etapa 904 para produzir um novo sinal, cujo novo sinal deve corresponder melhor com a concentração do análito do que o sinal lido na etapa 904 porque o sinal lido na etapa 904 inclui não somente a luz emitida pelas moléculas indicadoras, mas também a luz ambiente que alcançou o fotodetector. A seguir (etapa 910), o novo sinal é transmitido para uma leitora externa. Depois da etapa 910, o processo pode prosseguir de volta para a etapa 901.

[0059] O processo 900 pode ser executado pelo processador 266. Isto é, em algumas modalidades, o processador 266 pode ter software, hardware ou uma combinação de ambos para executar uma ou mais etapas do processo 900. Por exemplo, o processador 266 pode incluir um circuito integrado de aplicação específica (ASIC) que é projetado para executar uma ou mais das etapas do processo 900.

[0060] A figura 10 é um fluxograma ilustrando um outro processo 1000 de acordo com uma modalidade da invenção. O processo 1000

pode começar na etapa 1002 onde a fonte de luz 118 é ligada por cerca de x quantidade de tempo (por exemplo, 50 ou 100 milissegundos). Por exemplo, na etapa 1002, a fonte de luz 118 pode ser ativada por 100 milissegundos para iluminar as moléculas indicadoras.

[0061] Na etapa 1004, os dados correspondendo com as saídas produzidas pelos fotodetectores 120a e 120b enquanto a fonte de luz 118 está ligada são transmitidos para a leitora 701. Na etapa 1006, a leitora 701 recebe os dados. Os dados podem incluir uma leitura do fotodetector 120a e uma leitura do fotodetector 120b, que é citado como o fotodetector de referência. Na etapa 1008, a leitora 701 processa os dados recebidos para produzir um primeiro valor. Por exemplo, o valor pode ser produzido dividindo a leitura do fotodetector 120a pela leitura do fotodetector 120b.

[0062] A seguir, a fonte de luz 118 é desligada (etapa 1010). Na etapa 1012, os dados correspondendo com as saídas produzidas pelos fotodetectores 120a e 120b enquanto a fonte de luz 118 está desligada são transmitidos para a leitora 701. Na etapa 1014, a leitora 701 recebe os dados. Os dados podem incluir uma leitura do fotodetector 120a e uma leitura do fotodetector 120b.

[0063] Na etapa 1016, a leitora 701 processa os dados recebidos para produzir um segundo valor. Por exemplo, o segundo valor pode ser produzido dividindo a leitura do fotodetector 120a pela leitura do fotodetector 120b. Na etapa 1018, a leitora 701 subtrai o segundo valor do primeiro valor para obter um resultado que pode ser usado para determinar a concentração do anárito sendo monitorado pelo sensor. Na etapa 1020, a leitora 701 exibe a informação com relação à concentração do anárito (por exemplo, ela exibe um valor representando a concentração determinada).

[0064] Embora os processos acima descrito sejam ilustrados como uma seqüência de etapas, deve ser entendido por alguém versado na

técnica que pelo menos algumas das etapas não precisam ser executadas na ordem mostrada, e, além do mais, algumas etapas podem ser omitidas e etapas adicionais adicionadas.

[0065] Embora várias modalidades/variações da presente invenção tenham sido descritas acima, deve ser entendido que elas foram apresentadas por meio de exemplo somente, e não limitação. Assim, a amplitude e o escopo da presente invenção não devem ser limitados por qualquer uma das modalidades exemplares acima descritas, mas devem ser definidos somente de acordo com as reivindicações seguintes e seus equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Sensor ótico compreendendo:
um alojamento (112);
uma placa de circuito (170) alojada dentro do alojamento (112); e
pelo menos um fotodetector (120),
caracterizado pelo fato de que:
a placa de circuito (170) possui um furo (301) criado através dela e definindo uma passagem de uma superfície superior da placa de circuito para uma superfície inferior da placa de circuito; e
o pelo menos um fotodetector (120) é montado na superfície inferior da placa de circuito (170) e possui uma superfície sensível à luz, a dita superfície sensível à luz sendo posicionada de modo que a luz que percorre através da dita passagem pode atingir a dita superfície sensível à luz.
2. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 1 **caracterizado** pelo fato de que a placa de circuito (120) é construída de um material que não propaga a luz de dispersão.
3. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a placa de circuito (120) compreende ferrita.
4. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda um filtro ótico (134), onde pelo menos uma porção do dito filtro ótico (134) é disposta dentro da dita passagem.
5. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de que o filtro ótico é um filtro de alta frequência.
6. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 4, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda um segundo filtro ótico (106) disposto em série com o primeiro filtro ótico (134).
7. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 6, **caracteri-**

zado pelo fato de que o segundo filtro ótico (106) é um filtro NIR.

8. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda uma fonte de luz (118) montada na superfície superior da placa de circuito (170).

9. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda um material de bloqueio de luz (104) disposto para impedir que a luz atinja um ou mais lados do dito pelo menos um fotodetector (120).

10. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que o material de bloqueio de luz (104) compreende um epóxi preto.

11. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda uma pluralidade de moléculas indicadoras (116) montadas em uma superfície externa do alojamento (112).

12. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que as moléculas indicadoras (116) estão contidas em uma camada de matriz de polímero (114) que é disposta na superfície externa do alojamento (112).

13. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que a camada de matriz de polímero (114) é altamente porosa.

14. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda uma fonte de luz (118) alojada dentro do dito alojamento (112) para iluminar as moléculas indicadoras (116).

15. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 14, **caracterizado** pelo fato de que a fonte de luz (118) é montada na superfície superior da placa de circuito (170).

16. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 14, **carac-**

terizado pelo fato de que compreender ainda:

dispositivo (166) para capturar uma primeira saída de sinal do pelo menos um fotodetector (120) enquanto as moléculas indicadoras (116) estão em um estado fluorescente, onde o dito primeiro sinal é uma função da intensidade da luz que bate em uma superfície ou superfícies fotossensíveis do pelo menos um fotodetector (120); e

dispositivo (166) para capturar uma segunda saída de sinal do pelo menos um fotodetector (120) enquanto as moléculas indicadoras (116) não estão sendo iluminadas, onde o dito segundo sinal é uma função da intensidade da luz que bate em uma superfície ou superfícies fotossensíveis do pelo menos um fotodetector (120).

17. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda dispositivo (166) para gerar um terceiro sinal, onde o terceiro sinal é uma função do primeiro e do segundo sinal.

18. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 17, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo para gerar o terceiro sinal compreende dispositivo para subtrair o segundo sinal do primeiro sinal.

19. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda um transmissor (142) para transmitir o primeiro e o segundo sinal para uma leitora de sensor (701).

20. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 16, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda dispositivo para ativar uma fonte de luz (118) acionando a fonte de luz com aproximadamente 2 milliamps de corrente.

21. Sensor ótico, compreendendo:

um alojamento (112);

uma placa de circuito (170) alojada dentro do alojamento (112);

pelo menos um fotodetector (120) montado na placa de circuito (170);

uma fonte de luz (118) alojada dentro do alojamento (112);

um transmissor (142) alojado dentro do alojamento (112); e

uma pluralidade de moléculas indicadoras (116) dispostas em uma superfície externa do alojamento (112);

caracterizado pelo fato de que a placa de circuito (170) é uma placa de circuito de ferrita.

22. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** pelo fato de que a placa de circuito (170) tem um furo (301) definindo uma passagem de uma superfície superior da placa de circuito (170) para uma superfície inferior da placa de circuito.

23. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 22, **caracterizado** pelo fato de que o pelo menos um fotodetector (120) é montado na superfície inferior da placa de circuito (170), o pelo menos um fotodetector (120) tendo uma superfície sensível à luz, a dita superfície sensível à luz sendo posicionada de modo que a luz que percorre através da dita passagem pode atingir a dita superfície sensível à luz.

24. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda um filtro ótico (134), onde pelo menos uma porção do dito filtro ótico (134) é disposta dentro da dita passagem.

25. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado** pelo fato de que o filtro ótico (134) é um filtro de alta frequência.

26. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 24, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda um segundo filtro ótico (106) disposto em série com o primeiro filtro ótico (134).

27. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 26, **caracterizado** pelo fato de que o segundo filtro ótico (106) é um filtro NIR.

28. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 23, **caracterizado** pelo fato de que a fonte de luz (118) é montada na superfície superior da placa de circuito (170).

29. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda um material de bloqueio de luz (104) disposto para impedir que a luz atinja um ou mais lados do dito pelo menos um fotodetector (120).

30. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 29, **caracterizado** pelo fato de que o material de bloqueio de luz (104) compreende um epóxi preto.

31. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** pelo fato de que as moléculas indicadoras (116) estão contidas em uma camada de matriz de polímero (114) que é disposta na superfície externa do alojamento (112).

32. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 31, **caracterizado** pelo fato de que a camada de matriz de polímero (114) é altamente porosa.

33. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda:

dispositivo (166) para capturar uma primeira saída de sinal do pelo menos um fotodetector (120) enquanto as moléculas indicadoras (116) estão em um estado fluorescente, onde o dito primeiro sinal é uma função da intensidade da luz que atinge uma superfície ou superfícies fotossensíveis do pelo menos um fotodetector (120); e

dispositivo (166) para capturar uma segunda saída de sinal do pelo menos um fotodetector (120) enquanto as moléculas indicadoras (116) não estão sendo iluminadas, onde o dito segundo sinal é uma função da intensidade da luz que atinge uma superfície ou superfícies fotossensíveis do pelo menos um fotodetector (120).

34. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 33, **carac-**

terizado pelo fato de compreender ainda dispositivo (166) para gerar um terceiro sinal, onde o terceiro sinal é uma função do primeiro e do segundo sinais.

35. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 34, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo (166) para gerar o terceiro sinal compreende dispositivo para subtrair o segundo sinal do primeiro sinal.

36. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 33, **caracterizado** pelo fato de que o transmissor (142) é configurado para transmitir os primeiro e segundo sinais para uma leitora de sensor (701).

37. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 33, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda dispositivo para ativar a fonte de luz (118) acionando a fonte de luz com aproximadamente 2 milliamps de corrente.

38. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 21, **caracterizado** pelo fato de que:

o pelo menos um fotodetector (120) é alojado dentro do alojamento (112);

a pluralidade de moléculas indicadoras (116) são contidas dentro de uma camada de matriz de polímero (114) que é disposta em uma superfície externa do alojamento (112), onde a camada da matriz de polímero (114) é altamente porosa; e

a placa de circuito (170) é construída a partir de um material que não propaga luz de dispersão.

39. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 38, **caracterizado** pelo fato de que a placa de circuito (170) tem um furo (301) definindo uma passagem de uma superfície superior da placa de circuito (170) para uma superfície inferior da placa de circuito, e o fotodetector (120) tem pelo menos uma superfície fotossensível que é posicionada de modo que a luz que percorre através da dita passagem

pode atingir a dita superfície sensível à luz.

40. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 39, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda um filtro ótico (134), onde pelo menos uma porção do dito filtro ótico (134) é disposta dentro da dita passagem.

41. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 40, **caracterizado** pelo fato de que o filtro ótico (134) é um filtro de alta frequência.

42. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 40, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda um segundo filtro ótico (106) disposto em série com o primeiro filtro ótico (134).

43. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 42, **caracterizado** pelo fato de que o segundo filtro ótico (106) é um filtro NIR.

44. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 39, **caracterizado** pelo fato de que a fonte de luz (118) é montada na superfície superior da placa de circuito (170) e o pelo menos um fotodetector (120) é montado na superfície inferior da placa de circuito (170).

45. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 38, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda um material de bloqueio de luz (104) disposto para impedir que a luz atinja um ou mais lados do dito pelo menos um fotodetector (120).

46. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 45, **caracterizado** pelo fato de que o material de bloqueio de luz (104) compreende um epóxi preto.

47. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 38, **caracterizado** pelo fato de compreendendo ainda:

dispositivo (166) para capturar uma primeira saída de sinal do pelo menos um fotodetector (120) enquanto as moléculas indicadoras (116) estão em um estado fluorescente, onde o dito primeiro sinal é uma função da intensidade da luz que atinge uma superfície ou su-

perfícies fotossensíveis do pelo menos um fotodetector (120); e

dispositivo (166) para capturar uma segunda saída de sinal do pelo menos um fotodetector (120) enquanto as moléculas indicadoras (1160 não estão sendo iluminadas, onde o dito segundo sinal é uma função da intensidade da luz que atinge uma superfície ou superfícies fotossensíveis do pelo menos um fotodetector (120).

48. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 47, **caracterizado** pelo fato de compreender ainda dispositivo (166) para gerar um terceiro sinal, onde o terceiro sinal é uma função do primeiro e do segundo sinal.

49. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 47, **caracterizado** pelo fato de que o dispositivo (166) para gerar o terceiro sinal compreende dispositivo para subtrair o segundo sinal do primeiro sinal.

50. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 47, **caracterizado** pelo fato de que o transmissor (142) é configurado para transmitir o primeiro e o segundo sinal para uma leitora de sensor (701).

51. Sensor ótico de acordo com a reivindicação 47, **caracterizado** pelo fato de que compreender ainda dispositivo para ativar a fonte de luz (118) acionando a fonte de luz com aproximadamente 2 milliamps de corrente.

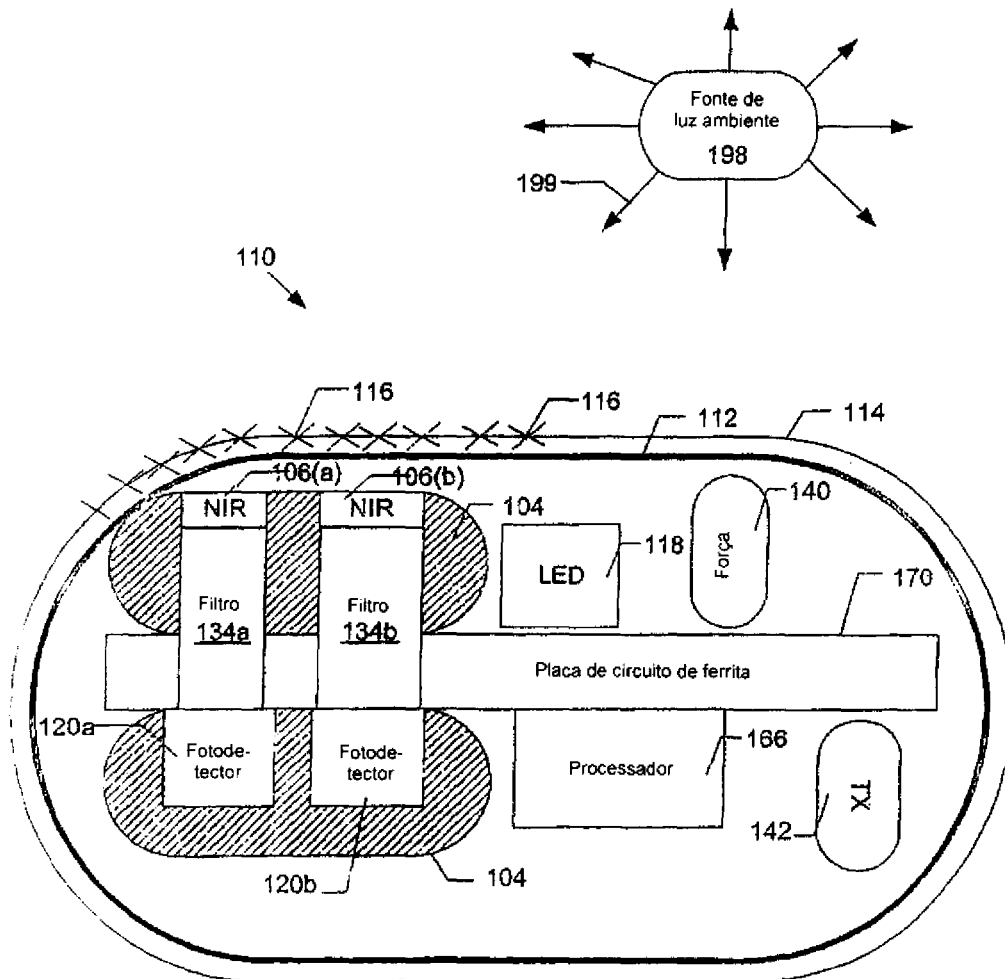


FIG. 1

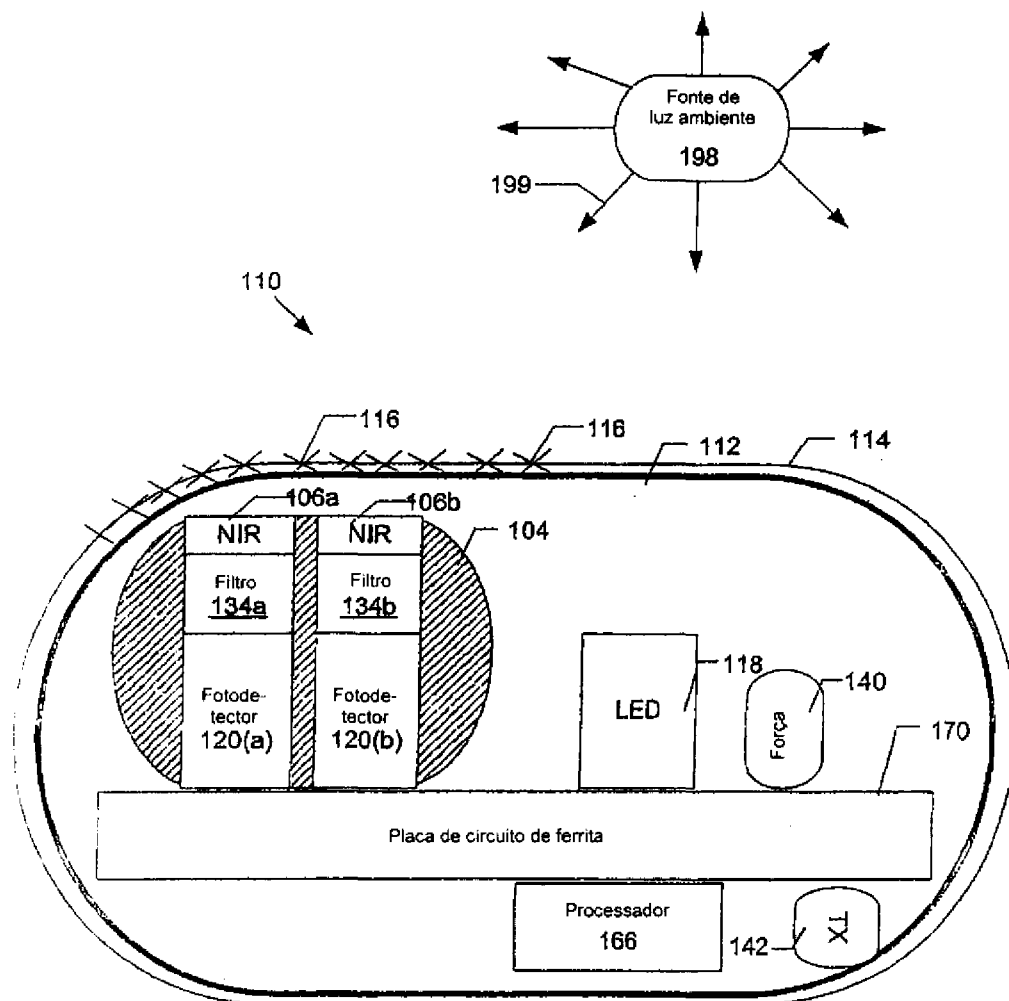


FIG. 2

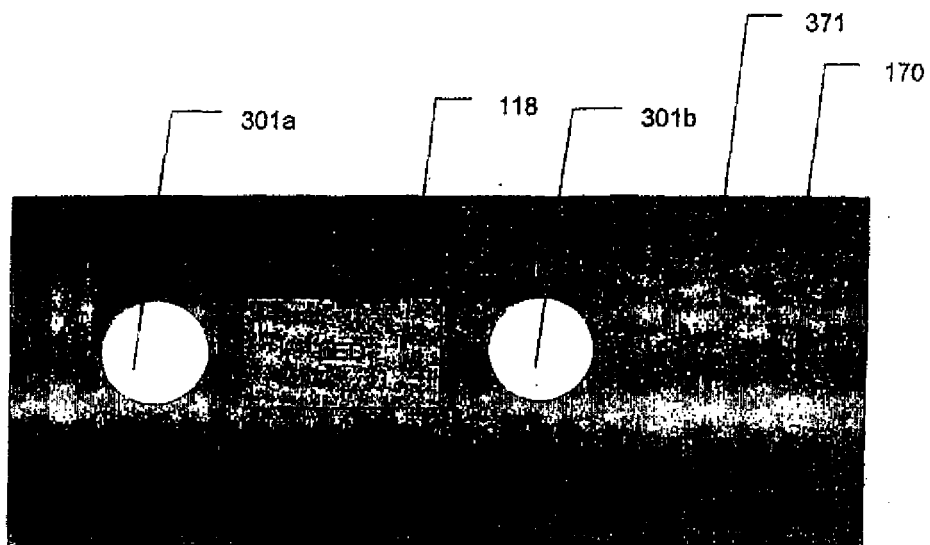


FIG. 3

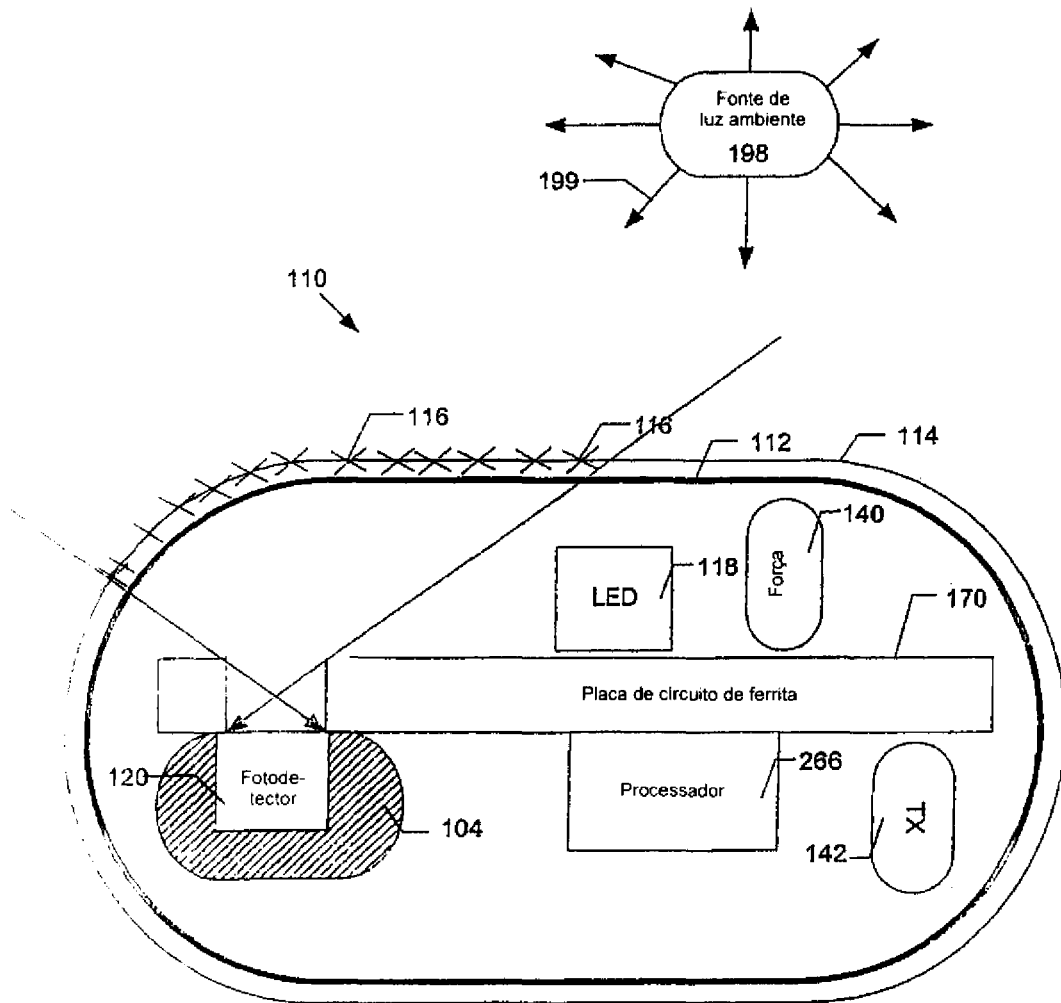


FIG. 4

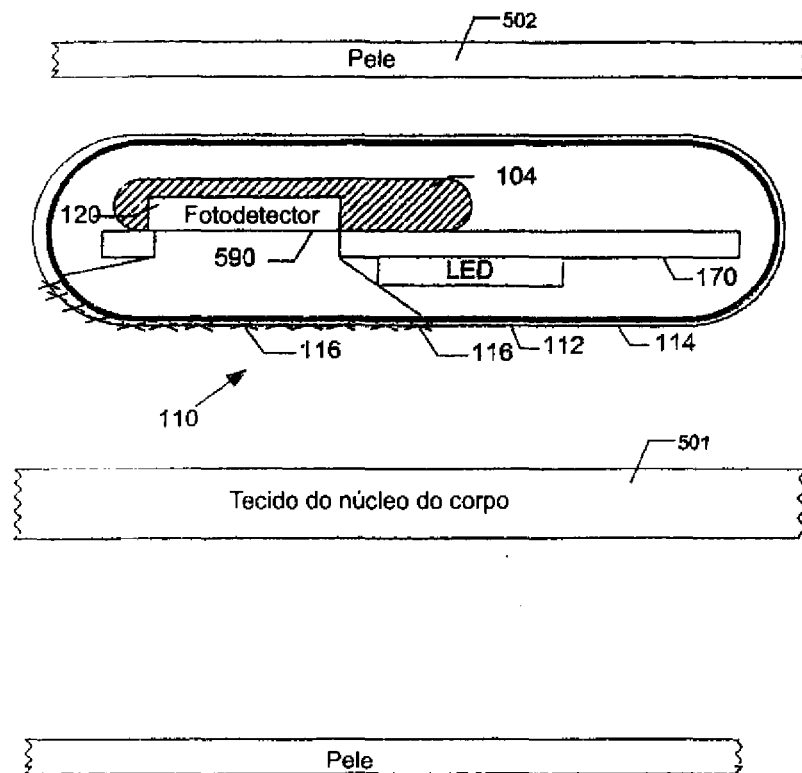
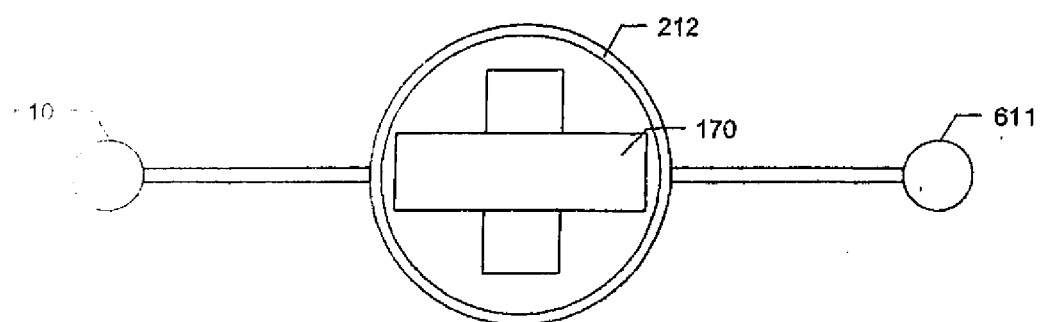
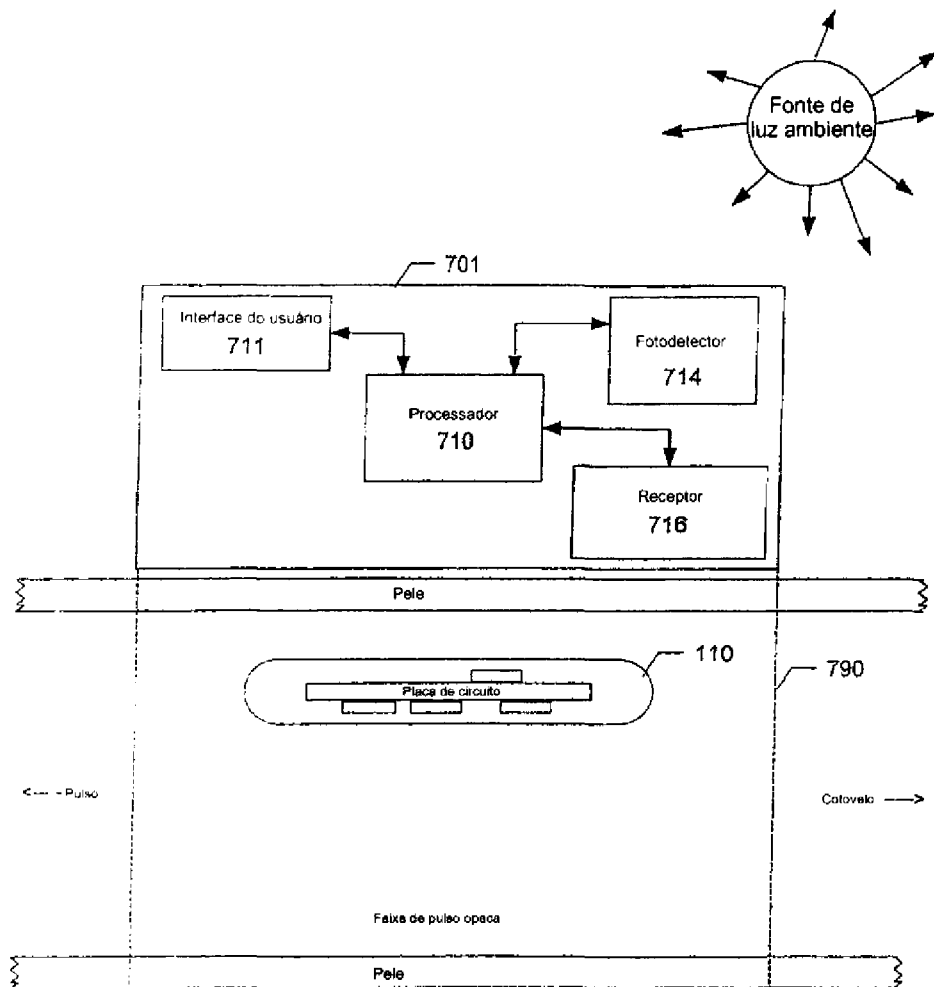


FIG. 5

**FIG. 6**

**FIG. 7**

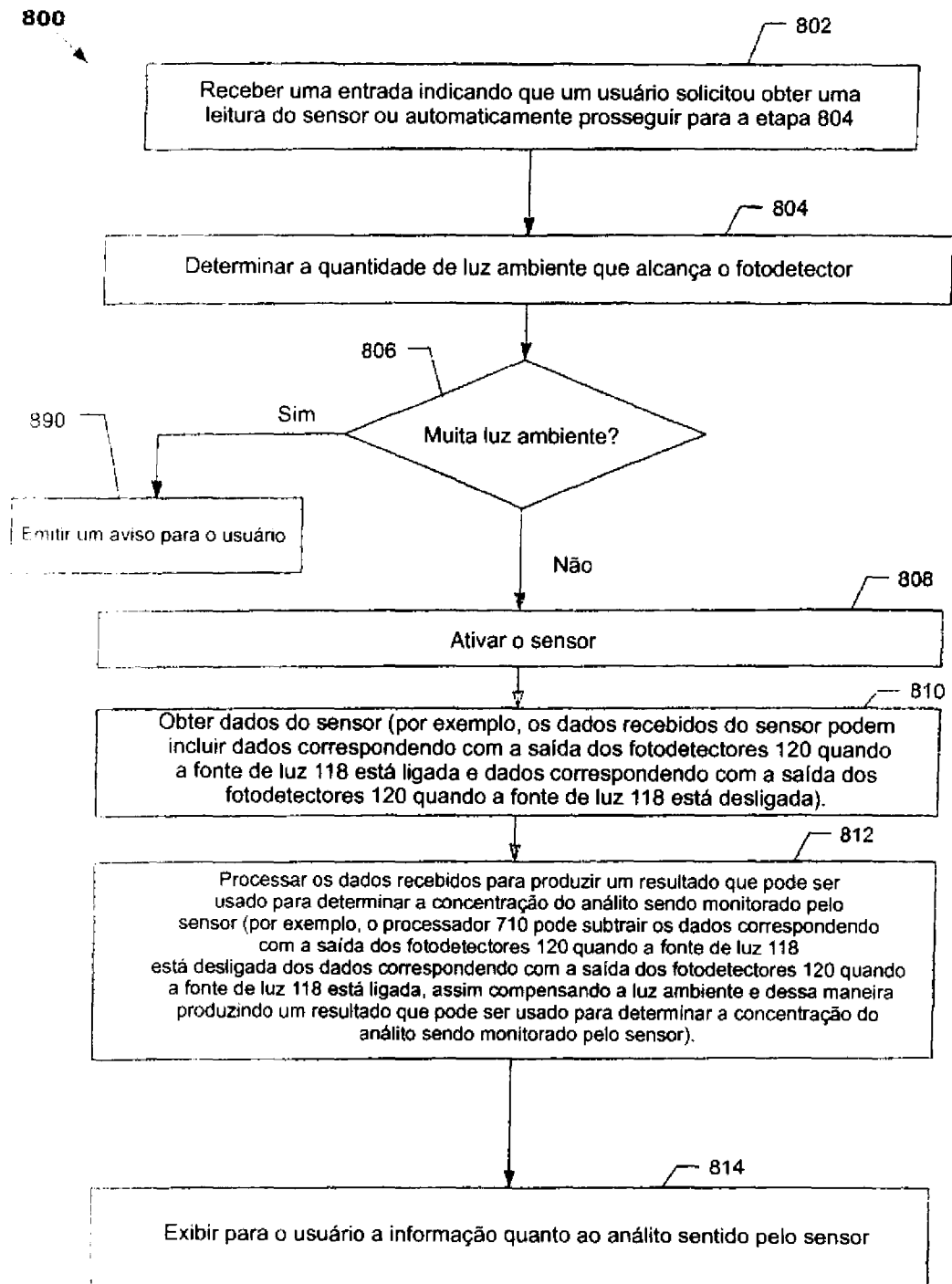


FIG. 8

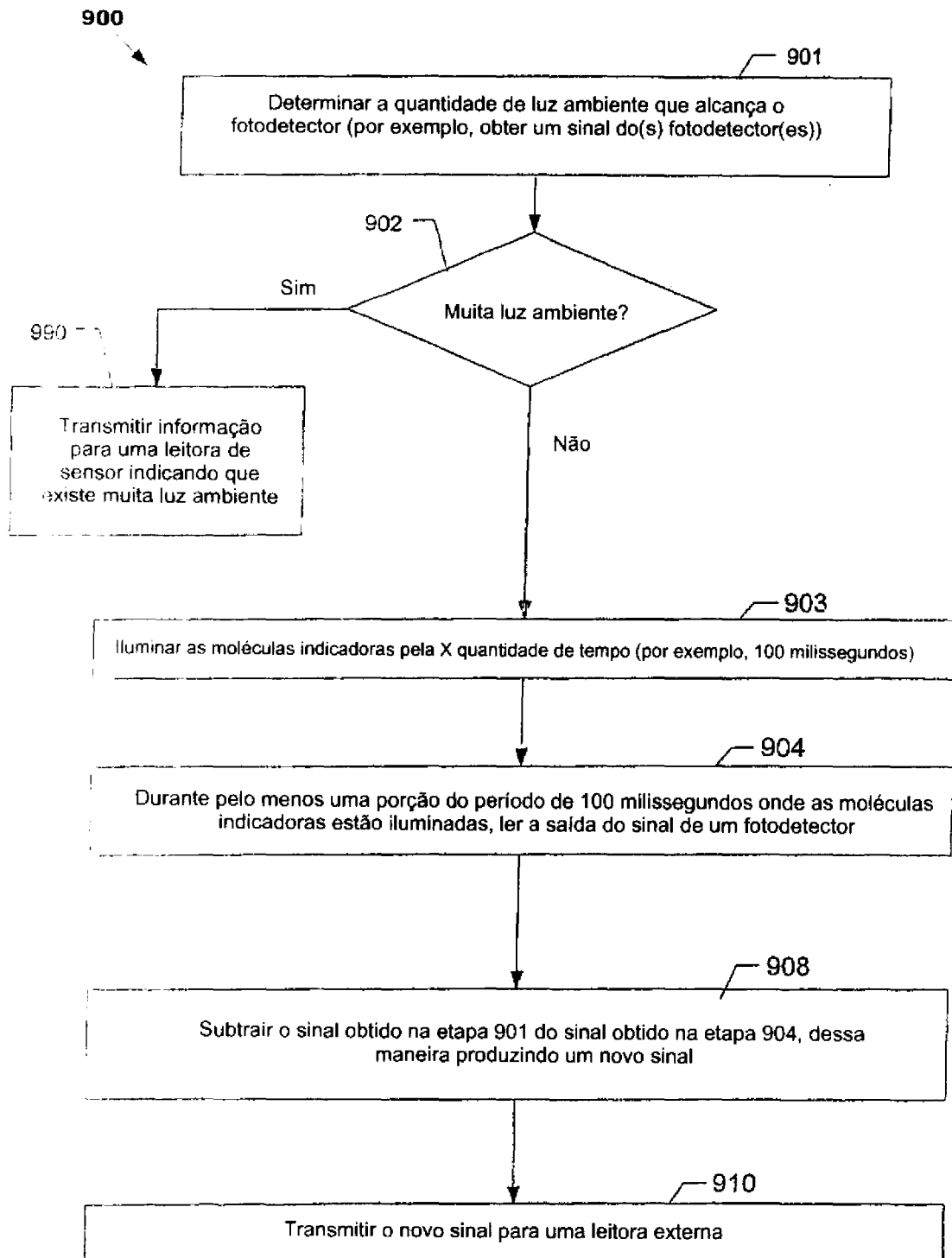


FIG. 9

1000

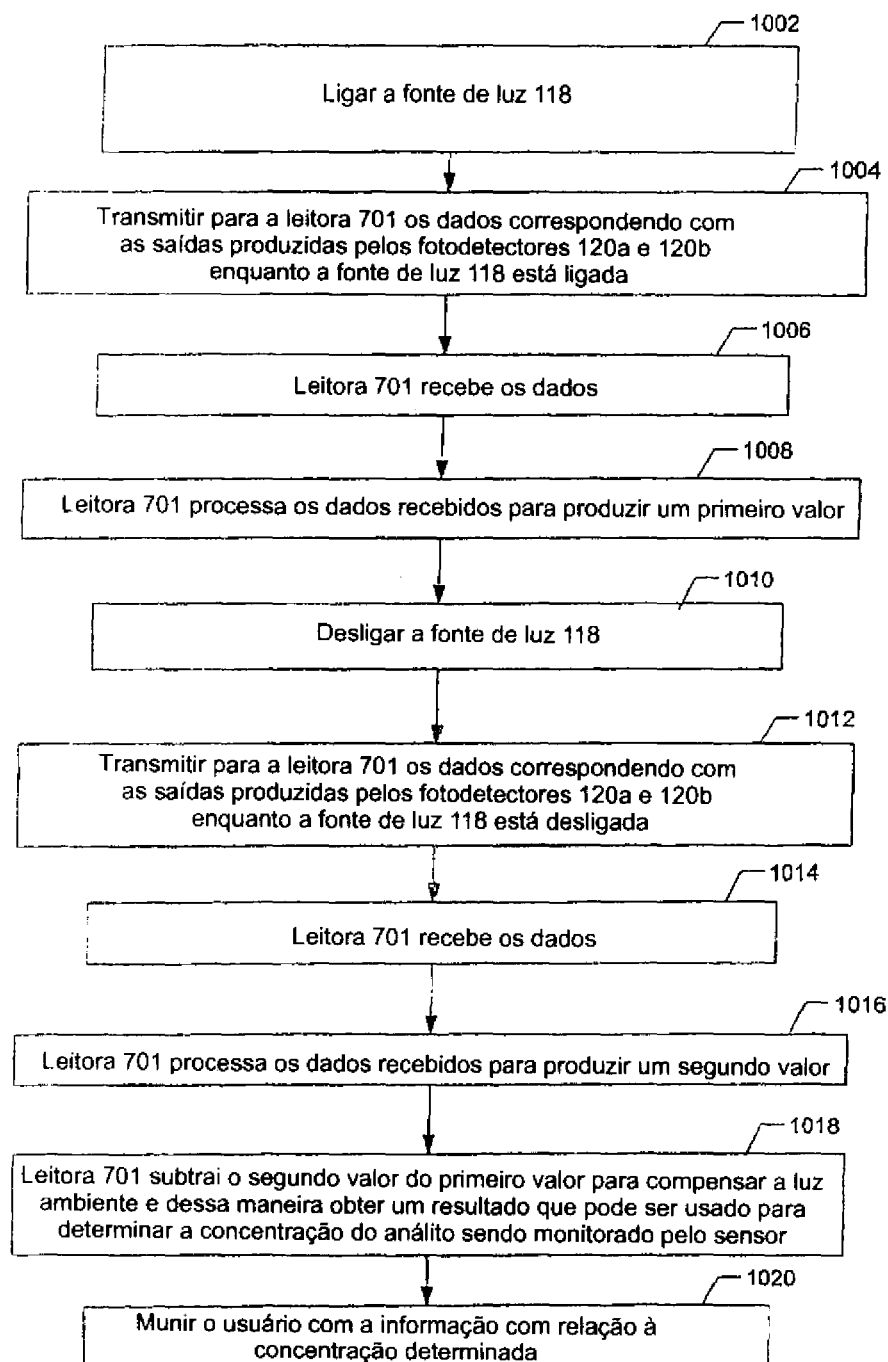


FIG. 10